





CYCLUS

ORGANISCH VERBUNDENER LEHRBÜCHER

SÄMMTLICHER

MEDICINISCHEN WISSENSCHAFTEN,

BEARBEITET

VON

EINEM VEREINE DEUTSCHER SPECIALISTEN.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. C. H. SCHAUENBURG.

9. Theil. I. Band.

SCHIFF, PHYSIOLOGIE.

I. Band.

LAHR,

VERLAG VON M. SCHAUENBURG & C.

1858—59.

LEHRBUCH

DER

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

VON

J. M. SCHIFF,
aus Frankfurt a. M.
Professor in Bern.

I.

MUSKEL- UND NERVENPHYSIOLOGIE.

LAHR,
VERLAG VON M. SCHAUENBURG & C.
1858—59.

LEHRBUCH

DER

MUSKEL- UND NERVENPHYSIOLOGIE

VON

J. M. SCHIFF,
aus Frankfurt a. M.
Professor in Bern.

LAHR,
VERLAG VON M. SCHAUENBURG & C.
1858—59.

Druck von J. H. Geiger in Lahr.

Vorrede.

Für den vorliegenden Band glaubt der Verfasser um so eher die Theilnahme des ärztlichen Publicums in Anspruch nehmen zu dürfen, als die Literatur noch keine Zusammenstellung der Resultate der neueren Forschungen im Gebiete der hier behandelten Nerven- und Muskelphysiologie besitzt. So viel auch allenthalben über die Wichtigkeit dieser Disciplinen für die ärztliche Praxis und die wissenschaftliche Erkenntniss des Thierlebens gesprochen und geschrieben worden, wird es doch niemals Ernst werden mit ihrer Einführung in den Gesichtskreis der Aerzte und Naturforscher, so lange die meisten Handbücher dieselben nur stiefmütterlich, und sehr häufig mit einer wahrhaft auffallenden Unkenntniss der Methode und des Gegenstandes behandeln, die vor dem Kundigen schlecht durch hochtrabende Redensarten und theoretisirende Gemeinplätze verhülllt wird.

Auf der anderen Seite wird auch der Gewinn, welchen die Wissenschaft selbst aus den Beobachtungen am Krankenbett zu ziehen bedürftig und berechtigt ist, immer nur sehr gering aus-

fallen, so lange die Aerzte nicht mit dem Detail des bisherigen Erwerbs der experimentellen Physiologie innig vertraut sind, denn nur diese Kenntniss der einzelnen Facta kann dem Arzte die richtige Fragestellung andeuten, von welcher in fast allen Fällen der Werth seiner Beobachtung abhängt. — Wenn sich einmal die Nervenphysiologie im medicinischen Publicum wirklich Bahn gebrochen hat, dann werden wir sicher in wenigen Jahren eine grosse Reihe von interessanten und belehrenden Krankheitsfällen auftauchen sehen, die jetzt nur als sehr seltene Ausnahmen betrachtet werden. Eine absolut unbefangene, selbständige Beobachtungsgabe war von jeher das Eigenthum Weniger, aber der gesunde Sinn der Menge erfasst leicht die vorhandene Erscheinung, sobald dem Geiste nur einmal ihre Möglichkeit vorschwebt. Darum wünschte ich, weniger den engeren Fachgenossen, als dem ärztlichen Publicum und vor Allen der noch durch eingewurzelte Vorurtheile nicht verkümmerten studirenden Jugend ein Werk in die Hände zu geben, welches mit besonderer, wenn auch nicht immer ausdrücklich betonter, Rücksicht auf das practische Bedürfniss alle Thatsachen zusammenstellt, die man sonst nur zerstreut in weniger zugänglichen Zeitschriften findet, und welches zu eigener Beobachtung anspornt.

Aber nicht bloss als Zusammenstellung möchte ich diese Arbeit betrachtet wissen. Man wird unschwer erkennen, dass ich, dem Geiste der rein empirischen Forschungsmethode getreu, fast keine Thatsachen überliefert, von deren Richtigkeit ich mich nicht selbst durch wiederholte Versuche überzeugt habe, dass ich die Angaben meiner Vorgänger mit der einzig zulässigen Kritik des Experimentes gesichtet, und dass ich, so viel es mir möglich, bemüht war, durch neue Versuche zum Fortschritt der Wissenschaft beizutragen.

Die meisten Capitel des vorliegenden Werkes sind während meines Aufenthaltes in Frankfurt bearbeitet und die Mehrzahl

der hier beschriebenen Versuchsreihen sind zu verschiedenen Zeiten den Mitgliedern der **Senkenbergischen Gesellschaft** bei Gelegenheit einzelner Vorträge vorgeführt worden, so dass diese Arbeiten gleichsam als aus dem Schoosse dieser berühmten Gesellschaft hervorgegangen zu betrachten sind, der so lange als thätiges Mitglied angehört zu haben, immer mein grösster Stolz sein wird.

Nur einige Abschnitte sind erst während meines Aufenthaltes in Bern in den letzten Jahren entstanden, diese dürften aber um so besser ausgearbeitet sein, als ich mich dabei des Rathes und der mächtigen Unterstützung meines Freundes und Collegen Valentin zu erfreuen hatte. Ihm gehört das wesentliche Verdienst derselben an.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass bei der Beurtheilung eines Werkes wie das vorliegende ist, nicht die überwältigende Fülle und der unendliche Reichthum des Gegenstandes als Maassstab angelegt werden darf, sondern die Kraft und das Streben eines einzelnen Forschers, dem immer nur wenige, aus dem natürlichen Zusammenhang heraustretende Fragen Gelegenheit und Angriffspunkte zu einer stets mangelhaften Behandlung bieten. Wenn der Verfasser aber selbst in dieser Beziehung nicht allen Ansprüchen genügt, wenn er manche scheinbar leicht zu erledigende Fragen umgehen, manche wichtige Punkte unerörtert lassen musste, so wird man ihm dies nicht zum Vorwurf machen, wenn man weiss, unter welchen schwierigen Aussenverhältnissen, mit welchen Kämpfen, Opfern und Entbehrungen mancher Art er, allen grösseren wissenschaftlichen Anstalten fern, sich das oft spärlich zufliessende Material zu seinen zahlreichen und häufig wiederholten Versuchen verschaffen musste.

Aber die Resultate, zu denen man auf diese Weise gelangt, mögen sie auch noch so unbedeutend sein, sie sind Schmerzenskinder, — die man lieb gewinnt, um so lieber, je weniger Erfolg ihnen das Leben bereitet.

Und diese Liebe mag manchmal meinen Darstellungen ein eigenthümliches Gepräge aufgedrückt haben, welches diese Bemerkung nur erklären — nicht entschuldigen soll.

Bern, im Herbst 1858.

J. M. Schiff.

INHALTSVERZEICHNISS.

Bewegung.

NERVENPHYSIOLOGIE.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Eigenschaften der Nerven.

Zweiter Abschnitt.

Leitung der Gefühls- und Bewegungsantriebe im peripherischen Nervensystem.

Dritter Abschnitt.

Leitung der Empfindung und Bewegung in den Centraltheilen.

Vierter Abschnitt.

Eigenschaften einzelner Hirnnerven.

PHYSIOLOGIE.

EINLEITUNG.

Die **Physiologie** ist die Lehre von der Wechselwirkung, welche die verschiedenen Organe und Organtheile des lebenden Körpers unter verschiedenen äusseren Bedingungen auf einander ausüben.

Die wissenschaftliche Physiologie beschäftigt sich demnach, im Gegensatz zu einigen verwandten Disciplinen, nur mit *denjenigen* Eigenschaften der lebenden Gewebe, durch welche sie mit anderen Theilen in Wechselwirkung treten und so die Erscheinungen des Lebens bedingen. Wenn man in neuerer Zeit mehrfach diese Beziehung übersehen und in den Lehrbüchern der Physiologie einzelne Eigenschaften und Verhältnisse beschrieben, welche die thierischen Theile *an und für sich* darbieten, ohne Rücksicht auf ihre Wechselwirkung mit anderen Organen, so hat man zum Theil sehr interessante Thatsachen hervorgehoben, die später das werthvollste Material für physiologische Forschungen liefern können, aber man hat den Vortrag der Physiologie seinem eigentlichen Zwecke entfremdet, und die Bande gelockert, welche die Physiologie aufs engste den zoologischen und medicinischen Wissenschaften anschliessen.

Die Wissenschaften, welche der Physiologie zu *Grunde* liegen, d. h. auf deren Lehrsätze eine Erscheinung zurückgeführt zu haben sich die *physiologische* Forschung beruhigen darf, sind *Chemie*, *Physik* und *Grössenlehre*. Die Physiologie sucht nicht nach dem *letzten* Grund der Erscheinungen des Lebens, hält sich aber auch von den hypothetischen Abstractionen einer „Lebenskraft, lebendiger Eigenschaften“ etc. fern, welche nichts anderes sind, als mythische Personificationen derselben räthselhaften Verhältnisse, deren Auflösung gerade von der Wissenschaft erwartet wird.

Die *Anatomie* vermag nur dann erst verwickeltere physiologische Erscheinungen zu beleuchten, wenn die physiologische Erkenntniss selbst erst die allgemeineren anatomischen Verhältnisse verstehen und würdigen gelehrt hat. Die Anatomie gibt der Physiologie zum Theil das Object ihrer Aufgaben, sie zeigt wo und wie das allgemein ausgesprochene Resultat physiologischer Erkenntniss auf einzelne specielle Fälle anzuwenden sei.

Wo sich die Anatomie aber anmasst, physiologische Fundamental-Erscheinungen erklären zu wollen, verfällt sie stets in einen *circulus vitiosus*.

Der Vortrag der Anatomie sollte daher ein doppelter sein. Die sogenannte „descriptive" oder besser *systematische* Anatomie sollte im Beginn der Studien kurzgefasst nur so viel geben, wie zum Verständniss der physiologischen Aufgaben unerlässlich nöthig ist. Eine spätere ausführliche Darstellung der „topographischen" Anatomie, etwa im Sinne des berühmten Lehrbuchs von *Hyrtl*, sollte dann die Beziehungen zwischen der Physiologie und den medicinischen Studien vermitteln.

Das einzige directe und unentbehrliche Hülfsmittel der Physiologie ist der *Versuch* und die *Beobachtung* am thierischen Körper.

Die hier gegebene Auffassung bildet wesentlich die *physikalische* Richtung der physiologischen Forschung, wie sie von *G. Valentin* und den Gebrüdern *Weber* begründet, von vielen neueren Forschern eifrig fortgebildet, von Manchen auch einseitig zu einer leeren Formspielerei entstellt worden.

Jeder Organismus ist ein Kreis, in welchem die einzelnen Glieder sich wechselseitig bedingen, voraussetzen und erläutern. Es ist daher nicht möglich, mit absoluter Schärfe einen Ausgangspunkt beim Vortrag der Physiologie festzustellen. Es scheint mir aber, dass die Lehre von den Bewegungs- und Empfindungsorganen diejenige ist, welche zu ihrem Verständniss am seltensten Lehrsätze aus den übrigen Theilen der Physiologie voraussetzt, und deren Resultate in einer vollständigen Darstellung der übrigen physiologischen Systeme am häufigsten wiederkehren. Wir beginnen daher mit den Bewegungs- und Empfindungsthätigkeiten, die man auch als „Beziehungsthätigkeiten" zusammengefasst hat, weil sie die wechselseitigen Beziehungen des Organismus mit der Aussenwelt am unmittelbarsten einleiten.

BEWEGUNG.

Betrachtet man die thierische Bewegung nach ihrer äusseren Erscheinung, so haben wir bei derselben zwei Reihen von Organen zu unterscheiden.

1) Elementarorgane, welche ihre Form und ihren Umfang bei der Bewegung verändern, um Zug-, Druck- oder Stosswirkungen hervorzubringen. (Active Bewegungsorgane.)

2) Elementarorgane, welche, ohne ihre Gestalt zu verändern, als Hebel, Rollen, Hefte etc. dienen, mittelst deren die Organe der ersten Reihe die Bewegung einzelner Glieder oder die Ortsbewegung des ganzen Thieres zu Stande bringen. (Passive Bewegungsorgane.)

Die wissenschaftliche Physiologie beschäftigt sich nur mit den allgemeinen Gesetzen der Thätigkeit der sogenannten activen Bewegungsorgane und überlässt es der topographischen Anatomie zu zeigen, wie die physiologisch nachgewiesenen bewegenden Kräfte, bei einer bestimmten Anordnung dieser oder jener Muskelgruppe, bei einer bestimmten Form des Gelenkes und des Knochens nach den Gesetzen der Mechanik gewisse Bewegungen und Ortsveränderungen bewirken können.

Bei den höheren Thieren kommen, so viel bis jetzt mit Bestimmtheit ermittelt ist, nur 2 Classen von Bewegungen vor. Die *Cilienbewegung* und die *Muskelbewegung*. Eine dritte Classe von thierischen Bewegungen, die Bewegung durch allseitig contractile Substanz, die sogenannte *Sarkode*, gehört nur den niedersten Thierformen, den Infusorien, Rhizopoden und zum Theil den Quallen an. (Vergl. *Dujardin hist.-nat. des zoophytes* p. 35)

Die Sarcode könnte sich aber möglicherweise auch in einigen bis jetzt nur mangelhaft untersuchten Gebilden höherer Thiere und selbst des Menschen vorfinden, obschon hierüber bis jetzt kaum Vermuthungen geäussert worden sind. Wir werden hierauf bei der Darmresorption zurückkommen.

Als eine 4. Classe thierischer Bewegungen hätte man die contractilen Zellenmembranen zu betrachten. Die starken Zusammenziehungen der den Farbstoff umschliessenden Zellen (Chromatophoren) in der Haut der Tintenfische hat man als ein Beispiel solcher selbstständig bewegli-

chen Zellen aufgeführt. Aber *Valentin* hat gefunden, und spätere Beobachtungen haben dies bestätigt, dass Muskelfasern, welche die Zelle umgeben, diese Zusammenziehung bewirken. Man kann sogar durch Reizung der Nerven die Contraction hervorrufen.

Die umgebende Haut der Eizellen der Planarien zieht sich nach den Beobachtungen von *Siebold* rhythmisch und in einem bestimmten Typus zusammen, ohne dass in ihr Muskelfasern gefunden wurden. Bedenken wir aber, dass *von Baer* eine ganz ähnliche, fast identische Bewegung in dem Amnion des bebrüteten Hühnchens gesehen hat, und dass es erst *Remak* gelungen ist, hier die Muskelfasern aufzufinden, so müssen wir vermuthen, dass auch die Erscheinung bei den Planarien von zarten Muskeln herrühre.

Auch die Schwanzblase der Embryonen von *Limax*, welche man hierher zählen wollte, enthält, wie ich gesehen, Muskelfasern, welche besonders einige Tage nach der Entstehung der Blase so deutlich entwickelt sind wie die anderen Muskeln desselben Thieres.

Die farbigen Zellen in der Haut der Frösche, welche durch Veränderung ihrer Gestalt den Farbenwechsel dieser Thiere bedingen, und die man ebenfalls Chromatophoren genannt hat, scheinen sich auch nur durch die Contraction der sie umgebenden Hautmuskeln zu verändern. Werden die Zellen zusammengepresst, so weichen die in ihnen enthaltenen Körnchen in die Lückenräume der sie maschenartig umgebenden Muskeln aus und drängen die ausdehnbare Zellhaut in Form von Ausläufern mit sich vor.

Eine Bewegung durch contractile Zellmembranen ist also weder bei niederen noch bei höheren Thieren bis jetzt nachgewiesen.

Man hat auch die frühesten embryonalen Formen der Muskelfasern, wo sie wie beim Herzen, schon lebhafte Bewegung zeigen, mit Unrecht als eine eigene Art von Zellen mit contractiler Substanz aufgeführt.

CILIENBEWEGUNG.

Die verschiedenen Arten derselben unterscheiden sich durch ihre Abhängigkeit oder Unabhängigkeit vom Willen, oder vom Leben des Thieres (vom Nervensystem?) oder je nach dem Einfluss, den Gifte und äussere Verhältnisse auf die Bewegung ausüben. Grosse Verschiedenheiten in dieser Beziehung kommen bei den niederen Thieren bis zu den Mollusken herauf vor, wo die Arten der Cilienbewegung ziemlich zahlreich zu sein scheinen, aber noch nicht mit genügender Schärfe studirt sind; so dass hier mancherlei als Cilienbewegung mit unterlaufen mag, was bloss eine versteckte Muskel- oder Sarcodebewegung ist. Es kommen hier bei denselben Thieren oft Cilien von verschiedenen Arten vor, die hier nicht näher charakterisirt werden können.

Bei den höheren Wirbelthieren kennt man nur zwei Arten der Cilienbewegung, welche beide vom Nervensystem, von galvanischen Einflüssen und sogar vom Zusammenhang der cilientragenden Zelle mit dem ganzen Thierkörper direct unabhängig sind, diese sind die *Flimmerbewegung* und die *Bewegung der Spermatozoiden.*

Flimmerbewegung.

Die Anatomie lehrt das Nähere über die Form und die Verbreitung der Flimmerzellen, beim Menschen finden sie sich auf den *Schleimhäuten* des Thränensackes, des Thränenganges und der Thränenröhrchen, der Nasenschleimhaut mit Ausnahme ihres untersten Abschnittes, auf den Nebenhöhlen der Nase, auf verschiedenen Stellen der Kehlkopfschleimhaut, deren Ausbreitung mit dem Alter abnimmt (siehe hierüber *Rheiner* in den Würzburger Verhandlungen III, pag. 222) auf der Luftröhre unterhalb der unteren Stimmbänder bis zu den Lungenbläschen excl., auf der Schleimhaut der Eileiter und der Samenkanälchen, im *fundus uteri* und Nebenhodenkopf. (In den beiden letztgenannten Theilen ist das Flimmerepithel je nach physiologischen Verhältnissen variabel. Vergl. *Becker* in Moleschott. Unters. II, pag. 71.) Auch der *Uterus masculinus* besitzt Flimmerepithel, und *Becker* vermuthet, dass dies nur der Fall ist, wenn er mit der Harnröhre in offener Verbindung steht. Auch das obere blinde Ende des Schlundes und die Eustachischen Trompeten flimmern.

Ferner findet man beim Menschen Flimmerepithel auf den freien Flächen der inneren *Höhlungen* des Gehirns und des Rückenmarkes, sowie der einzelnen Hirnnerven, welche wie der Geruchsnerv zu irgend einer Zeit ihrer Entwicklung innere Höhlungen besitzen.

Das menschliche *Ei* besitzt in einer frühen Periode seiner Entwickelung einen rasch wieder verschwindenden Flimmerüberzug.

Auch *pathologisch* können beim Menschen Flimmerepithelien entstehen, so flimmert die Oberfläche vieler Polypen, auch wenn, wie bei den Ohrpolypen, der Mutterboden kein Flimmerepithel enthält. Auch die inneren Höhlen mancher Cystengeschwülste flimmern.

Form der Flimmerbewegung. Betrachtet man den umgeschlagenen Rand einer flimmernden Membran aus einem frischen Thiere, so kann man gar keine Bewegung der einzelnen Flimmerhaare unterscheiden. Diese Bewegung geschieht so rasch, dass man nur einen wallenden lichten Saum wahrnimmt, längs dessen kleine in der umgebenden Flüssigkeit schwimmende Körperchen bald stetig in einer Richtung, bald wirbelnd dahingetrieben werden. Verlangsamt sich die Bewegung, so sieht man, dass alle Haare der Reihe sich aus ihrer gestreckten Stellung sehr rasch nach einer und derselben Richtung umbiegen, um sich eben so rasch wieder zu strecken. Dies ist dann die Bewegung, welche man nach *Henle* sehr treffend mit der eines vom Winde durchwehten Aehrenfeldes verglichen hat. Ist das Präparat noch mehr ermattet, so beugen sich nicht mehr alle Flimmerhaare im Ganzen, sondern viele biegen bloss ihr Ende um, wie ein winkender Finger (*motus uncinatus* von *Purkinje* und *Valentin*). Wird die Bewegung noch schwächer, so sieht man neben ruhenden Haarpartien und solchen, welche die gewöhnliche Art der Bewegung, obwohl verlangsamt, zeigen, einzelne Haare, an denen eine Beugungswelle der Länge nach zu verlaufen scheint (*motus undulatus Valent.*).

Den *motus vaccillans* und den *motus infundibuliformis* von *Valentin* und *Purkinje* habe ich bis jetzt noch nicht bei Wirbelthieren wahrgenommen, wohl aber bei Wirbellosen, wo sich auch beide Bewegungsarten unter sich und mit anderen combiniren können.

Richtung der Flimmerbewegung. In den Zwischenpausen der träger gewordenen Bewegung oder nach dem Aufhören derselben stehen die

Flimmerhärchen *gerade*, während sich im activen Zustand alle Cilien einer Reihe nach einer und derselben Seite, also in derselben *Richtung* neigen. Diese Richtung der Bewegung ist bei den Wirbelthieren für jede flimmernde Membran stets dieselbe. Die *Beugung* ist auf den Schleimhäuten in den bis jetzt genauer untersuchten Fällen von der Aussenmündung ab und der Tiefe des Organes zugewendet, sie geht in der Nase von vorn nach hinten, in der Luftröhre der Säugethiere nach der Lunge hin. Im Saamenleiter neigt sie sich nach dem Hoden, und in den Eileitern wie es scheint nach dem Ovarium zu. Ueber die Richtung in den geschlossenen Höhlen ist noch gar nichts ermittelt.

Mechanische Wirkung der Flimmerbewegung. Die hier in Betracht kommenden Verhältnisse sind von vielen Schriftstellern durchaus unklar aufgefasst worden. Man stellte sich vor, die Bewegung der einzelnen Härchen würde als Totaleffect die im Schleimhautrohre enthaltene Flüssigkeit in der Richtung der Bewegung fortstossen, und hat auf diese Voraussetzung sogar eine Methode gegründet, um die Bewegungsrichtung selbst zu erkennen, wenn sie am frischen Thiere nicht unmittelbar der mikroskopischen Anschauung zu entnehmen war. Nehmen wir, um uns die Sache lebhafter vorzustellen, an, ein offenes mit Flüssigkeit gefülltes Rohr sei an seinen inneren Wänden überall mit einer Bürste aus dichtgedrängten Borsten besetzt. Senken sich alle Borsten zu gleicher Zeit nach einer und derselben Richtung, so werden sie mit keiner Stelle ihrer Oberfläche direct auf die im freien Lumen des Rohres enthaltene Flüssigkeit pressen, aber durch den Druck, welchen sie auf die geringen in ihren Interstitien enthaltene Flüssigkeitsschichten ausüben, und durch die Adhäsion ihrer Spitzen gegen die freie Flüssigkeit, werden sie in derselben eine schwache Welle in der Richtung ihrer Bewegung erzeugen. Wenn sich nun die Borsten mit derselben Schnelligkeit wieder aufrichten, so werden die vorhin erwähnten Momente fast in derselben Weise wirksam sein, um eine Welle in der der vorigen entgegengesetzten Richtung zu erzeugen. Ausserdem wird aber auch der obere Theil eines Seitenrandes jeder Borste, der während der dachziegelförmig gesenkten Lage in unmittelbare Berührung mit der *freien* Flüssigkeitsschichte gekommen ist, beim Wiederaufrichten den Stoss in der zweiten Richtung um Vieles verstärken. Da bei der Beugung der Haare kein Theil ihres *Randes* mit der freibeweglichen Flüssigkeit in dem eigentlichen Lumen des Rohres in Berührung steht, so ist es natürlich, dass die bei der Wiederaufrichtung der Borsten entstehende Welle viel stärker sein muss, als die bei der Beugung entstehende, und indem schwache und starke Wellen sich so rasch aufeinander folgen, werden die starken den Effect der schwachen Wellen aufheben.

Wenden wir dies auf die Flimmerbewegung an, so sehen wir, dass die die Härchen berührende Flüssigkeit und leichte in ihr schwimmende Körperchen in einer Richtung fortgeschoben werden müssen, *welche der Richtung der Flimmerbewegung selbst* **entgegengesetzt** *ist*.

Ich habe es hier unterlassen, nachzuweisen, wie auch die bei der Bewegung nothwendig stattfindende Verschmälerung und Verbreitung des *Flimmerrandes* dieses Resultat unterstützen muss, weil mich dies zu sehr in theoretische Erörterungen verwickelt hätte.

Wo eine genaue Beobachtung möglich ist, unterstützt sie *stets* das vorhin ausgesprochene Resultat.

Flimmerbewegung in *geschlossenen* Höhlen, z. B. des Centralnervensystems, wird nach den Gesetzen der Mechanik an den Wänden einen

Strom hervorrufen, der der Bewegungsrichtung entgegengesetzt ist, und in der Axe der Höhle einen anderen mit der Bewegung der Cilien gleich gerichteten Strom.

Beobachtet man unter dem Mikroskop einzelne leicht schwimmende abgelöste Stückchen einer lebhaft flimmernden Haut, so sieht man häufig, dass diese Stücke durch ihre eigene Bewegung und den Widerstand, den sie in den umgebenden Schichten findet, rasch fortgetrieben werden und bald aus dem Gesichtsfeld entweichen. Der Mechanismus ist hier derselbe, wie bei einem Schiff, das mit Löffeln fortgerudert wird, und es ist leicht einzusehen, dass die Richtung, in der das flimmernde Stückchen treibt, *dieselbe* ist, wie die Richtung seiner Flimmerbewegung. Bei der häufig ausgesprochenen gegentheiligen Behauptung hat man übersehen, dass, wie wir vorhin zeigten, das Wiederaufrichten der Haare und nicht ihre Beugung den grössten Druck erzeugt. Durch diesen Mechanismus rollen sich die jungen Ovula, die mit Flimmerepithel überzogen sind.

Wo eine flimmernde Membran tiefe Einbuchtungen zeigt, kommt es, besonders bei verlangsamter Bewegung, durch eine Combination mancher Stellungen der Haare im Momente des Vorübergleitens eines schwimmenden Körperchens häufig vor, dass dasselbe in der Nähe der Einbuchtung in wirbelartiger Bewegung umhergetrieben wird. Man sieht das oft bei schwimmenden Blutkörperchen.

Der flimmernde Rand muss sich während der Bewegung der Flimmerhaare verschmälern, und dies wird von um so grösserer Bedeutung, je länger die Haare sind. Befinden sich auf der Falte einer flimmernden Haut, die gerade auf dem Objectglas ausgebreitet ist, einzelne längere Haargruppen, so kommt es vor, dass sie bei ihrer Streckung leichte Körper von der Haut zurückschleudern, die dann bei der Senkung wieder hingetrieben werden. Ein solches Spiel, das man schon in früherer Zeit, ehe man die Flimmerhaare kannte, als eine räthselhafte Attraction und Repulsion gedeutet, kann sich viele Male wiederholen, kommt aber vermuthlich im lebenden Körper bei allseitiger wirksamen Druckkräften viel seltener vor, als bei der auf dem Objectglas isolirten Wirkung einer einzigen Cilienreihe.

In Röhren, wo die Flimmerbewegung schwächer geworden und einzelne Cilienbündel ruhen, können, besonders bei langen Cilien, wo die Verschmälerung und Verbreiterung des Flimmerrandes ein wirksames Moment wird, die einzelnen Triebkräfte bei fehlender Compensation von der anderen Seite her, auf mannigfache Weise hervortreten, und so schlängelnde, spiralige und andere Bewegungen der schwimmenden Körper erzeugen.

Die Schnelligkeit der Schwingungen der Flimmercilien ist bei den Wirbelthieren im ganz ungeschwächten Zustande so gross, dass sie sich nicht messen lässt. Es ist daher nicht anzugeben, wie viele Schwingungen jedes Haar in der Minute macht.

Die Strömung, welche durch die Flimmerhaare erzeugt wird, lässt sich hingegen auf mehrfache Weise beobachten und annähernd messen. Blutkörperchen, welche vor der frischen Unterzungenschleimhaut des Frosches vorüberschwammen, wurden in meinen Versuchen in 4 bis 5½ Sekunden um ein Millimeter befördert. *Valentin* fand 6 bis 8 Sekunden für ein Millimeter für die Mundschleimhaut des Frosches.

Biermer hat gefunden, (Würzb. Verhandl. 1850, pag. 210), dass wenn man feinen Kohlenstaub auf die Trachealschleimhaut eines nicht vor allzu langer Zeit gestorbenen Säugethieres streut, derselbe durch die Flimmerbewegung langsam, aber selbst für das freie Auge deutlich, fort-

geschoben wird. Die Staubpartikelchen bilden dabei keine geraden, sondern unregelmässig gebogene Linien. Beim Hunde sah *Biermer* den Kohlenstaub 2 bis 3 Linien in einer Minute gegen den Kehlkopf hin vorrücken. Diese leicht zu bestätigenden Beobachtungen, die mir auch mit Tinte und Berlinerblau gelangen, hat *Valentin* benutzt, um über die Richtung der Flimmerströmung auf verschiedenen Schleimhäuten weitere Aufschlüsse zu erhalten.

Nutzen der Flimmerbewegung. Aus allen bisher erwähnten Thatsachen geht schon hervor, dass die Cilien im Stande sein müssen, nicht nur secernirte Schleimmassen, die auf der Schleimflüssigkeit schwimmen, sondern auch kleine der Schleimhaut anhängende Körperchen, wie den Kohlenstaub im Biermer'schen Versuche, in der Richtung des Flimmerstromes zu befördern. Da nun der Flimmerstrom gegen die Ausmündung der Schleimhaut hintreibt, so muss die Flimmerbewegung die *Excretion* unterstützen.

Wo, wie häufig bei der Trachea, einzelne Schleimmassen den Wänden der Höhlung anhängen, ist sogar die Flimmerbewegung die *wesentlichste* Triebkraft, welche sie nach aussen befördert. Wenn der Schleim nicht den ganzen oder fast den ganzen Querschnitt des Trachealrohres einnimmt, so würde eine ungeheuere Anstrengung dazu gehören, um ihn durch den Strom der exspirirten Luft nach dem Kehlkopf hinzutreiben, da die Luft viel leichter neben ihm vorbeiweicht. Dennoch sehen wir, dass selbst während des Schlafes, ohne alle forcirte Exspiration, eine grosse Menge Schleim gegen den Kehlkopf befördert wird, von wo er dann leicht durch Husten ausgetrieben werden kann, weil die Beweglichkeit des Kehlkopfes ihm erlaubt, sich so weit zu verengern, dass die vorhandenen Schleimmassen seine ganze Oeffnung ausfüllen und auf diese Weise die zu exspirirende Luft gerade in die Spannung versetzen, durch welche sie den Schleim vorwärts treibt. Ebensowenig wie die Exspiration ist, wie leicht ersichtlich, eine Muskelbewegung der Trachea im Stande, kleinere Schleimmassen, die der Wand anhängen, nach oben zu führen, und wir wären so schon auf dem Wege der Ausschliessung an die Flimmerbewegung verwiesen.

Aber auch der directe *Versuch* beweist, dass in der Schleimhaut der Trachea und speciell in ihrem Epithel das wesentlichste Beförderungsmittel für kleine Schleimportionen liegt. Oeffnete ich die Trachea eines Kaninchens, so dass ich an einem Draht einen Körper, wie eine kleine Bürste, oder ein Hornstück einführen konnte, mit dem ich die Oberfläche der Schleimhaut von der Oeffnung nach unten zu gleichsam abschabte, ohne dass die Schleimhaut zerrissen wurde, so sah ich, dass sich von der untersten Stelle an, die das Instrument berührt hatte, der *aus der Lunge* kommende Schleim *ansammelte,* hier *häufte* er sich so lange, bis er zu solcher Menge angewachsen war, dass die Inspiration pfeifend wurde, und dass er endlich durch starken Husten als eine Art Propf entfernt werden konnte. Besondere Versuche zeigten mir, dass der hier sich ansammelnde Schleim wirklich von der Lunge herkam und nicht etwa durch die starke Reizung an Ort und Stelle reichlicher secernirt wurde. Schaltete ich eine Feder oder Gummirohr in den Lauf der Trachea ein, so wurde der Schleim in diesem angesammelt; durchschneidet man einem Kaninchen oder einer Katze die Trachea gerade unterhalb des Larynx, macht sie eine Strecke weit frei und bringt sie aus der Wunde nach aussen, so sammelt sich in der ersten Zeit in ihr kein Schleim. Man sieht kleine Schleimportionen langsam an den Rändern herauskommen. Aber nach einiger Zeit fängt das herausragende Trachealstück an, durch den frei zutretenden Luft-

strom zu trocknen. Die Flimmerbewegung verliert ihre Lebhaftigkeit und auf dieser trockenen Schleimhaut, die gewiss weniger als im Normalzustande absondert, sammelt sich der Schleim, bis er zu einem fast das ganze Lumen ausfüllenden Propfe wird, der dann durch angestrengte Exspiration entfernt werden kann.

Man sieht also, von welcher Wichtigkeit die Flimmerbewegung auf der Bronchealschleimhaut ist und wie Krankheiten, welche das Epithel der Bronchien an einer Stelle ganz und rund herum zerstören, die Expectoration in einem gefährlichen Grade stören müssen. Daher erklärt sich die bewährte Regel der practischen Medicin, im Croup auch nach völliger Entfernung des Exsudates die die Expectoration und die Brechneigung befördernden Mittel noch eine Zeit lang in kleiner Dosis fortzugeben, weil sich der ihres Epithels beraubten Schleimhaut Schleimmassen anhängen, die nur durch starke Muskelaction zu entfernen sind. Es zeigt sich ferner, warum sich nach der Tracheotomie die eingelegte Röhre stets mit Schleim füllen muss, wenn sie auch völlig so weit ist, wie die Trachea. Man sieht endlich aus meinen Versuchen, wie gefährlich der Vorschlag ist, nach der Tracheotomie die Luftröhre auszubürsten. Wo Exsudat ist, wird man es nicht leicht entfernen, wo keines ist, wird man neue Gefahren schaffen.

Wie auf der Trachea wirkt das Flimmerepithel auf anderen Schleimhäuten, z. B. auf dem hinteren Theil und in den Nebenhöhlen der Nase. In den letzteren fehlt jedes andere mechanische Agens zur Entfernung des Secretes. In den Tuben fördert es die Bewegung des *ovulum*, nicht aber, wie man früher glaubte, die des Samens, der wahrscheinlich durch Muskelcontractionen weiter geleitet wird.

In den geschlossenen Höhlen des Centralnervensystems, wo eine sehr complicirte Flimmerströmung stattfindet, erhält sie vermuthlich die gleichförmige Mischung der Flüssigkeit und scheint zu verhindern, dass bei ruhiger, anhaltend gleichförmiger Körperlage in der Flüssigkeit suspendirte Epithelialfragmente sich an den tiefsten Theilen ansammeln, wodurch z. B. beim Stehen der untere mikroskopisch enge Theil des Spinalcanales leicht ganz verstopft werden könnte.

Unabhängigkeit der Flimmerbewegung. So lange die Flimmercylinder nach dem Tode nicht direct verändert werden, bleibt die Flimmerbewegung bestehen, so dass, wenn man nur der Austrocknung der Schleimhäute auf irgend eine Weise begegnet, äusserlich oft ganz zusammengeschrumpfte Froschleichen mehrere Tage nach dem Tode noch lebhafte Flimmerbewegung zeigen können. Bei Säugethieren erhält sie sich nicht so lange, weil hier die Bewegung schon durch die verminderte Temperatur mehr als bei Fröschen leidet. Aber am dritten Tage nach dem Tode hat man sie bei Menschen noch gesehen. Stets ist sie hier aber schwächer geworden als im Leben.

Hieraus geht schon hervor, dass die Flimmerbewegung von den Nerven nicht influirt zu werden scheint. Mehr noch beweisen dies folgende Versuche.

Constante oder rasch unterbrochene electrische Ströme durch die Flimmermembran unter dem Mikroskope geleitet, verändern die Bewegung nach *Valentins* Beobachtungen nicht auf sichtbare Weise. Ich habe sie bei Fröschen noch mehrere Monate nach der Durchschneidung der zur Schleimhaut gehenden Nerven gesehen. Ein dem eben getödteten Hunde entnommenes Präparat, bestehend aus der geöffneten Trachea in Verbindung mit den Nn. *vagosympathicus* und *recurrens* zeigte kein rascheres Vorrücken von aufgestreutem Berlinerblau, wenn die Nerven electrisch gereizt wurden.

Narkotische Extracte und Alkaloide stören nur dann die Flimmerbewegung, wenn sie chemisch differente direct die Zelle angreifende Be-

standtheile enthalten. Ebenso wirken die meisten Salze und die thierischen Excretionsstoffe. Sie hemmen nur, wenn sie stark sauer oder alkalisch sind. Eine Ausnahme macht hier die Galle, die auch neutral stark hemmend eingreift, besonders Froschgalle. Auch Kochsalz hemmt in verdünnter Lösung, wo es wenigstens noch nicht nachweisbare chemische Wirkungen erzeugen kann. Auch beim Durchleiten von electrischen Schlägen wird *unmittelbar an den Berührungsstellen* der Drähte durch Ansammlung chemisch differenter Stoffe in Folge der Electrolyse bald eine Hemmung hervorgebracht. Wasser ist indifferent selbst dann noch, wenn es anfängt, eine leichte Schwellung der Zellen durch Imbibition zu bewirken.

Virchow hat gefunden, dass *sehr verdünnte Lösungen* von Alkalien die Bewegungen wieder anregen können, wenn sie träger geworden sind. Auch Erschütterung kann nach *Valentin* denselben Effect haben, wie ich selbst auch in einigen Fällen zu sehen glaubte. Auch verdünnte neutrale Galle sah ich die Bewegung anregen, aber nie beobachtete ich dies beim Gebrauch von Säuren.

Die Bewegung erhält sich nach *Valentin* im luftleeren Raume und bei momentan einwirkender Hitze bis zu 80 ° C. Ihre Lebhaftigkeit leidet hingegen, wie ich gesehen, durch Kälte und sie kann durch Wärme oft selbst nach dem Gefrieren der Schleimhaut (von Fröschen) wieder angeregt werden.

Es wird sich später herausstellen, dass diese Reactionen nicht so sehr von denen der eigentlichen Muskeln abweichen, wie es jetzt den Anschein hat.

Samenfäden [1].

In der Samenflüssigkeit, die aus dem *vas deferens* unmittelbar genommen oder aus dem Hoden verdünnt mit etwas Wasser aufs Objectglas gebracht wird, beobachtet man die Samenfäden in lebhafter Bewegung. Dieselben bestehen aus einem Kopf, der stets ohne Bewegung ist und aus einem Schwanze, der durch sein lebhaftes Schlängeln eine bald rotirende, bald mehr gradlinigte Bewegung hervorruft, bei welcher stets der Kopf voranschreitet. Nie folgt der Kopf umgekehrt der Richtung des Schwanzes. Manchmal kommen auch rotirende Bewegungen um die Längsachse vor.

Die Bewegung der Samenfäden dauert in geeigneter Umgebung sehr lange nach dem Tode des Thieres und sie verhält sich hierin wie die Flimmerbewegung.

Im Hoden selbst, wo die Samenfäden von dichterem Medium umgeben sind, bewegen sie sich noch nicht. Abgesehen von allen anatomischen Verschiedenheiten und von der Einwirkung äusserer Zusatzflüssigkeiten haben wir also hierin schon einen charakteristischen Unterschied der Samen- und Flimmerbewegung, dass erstere erst dann hervortritt, wenn sich der bewegliche Faden von der Gemeinschaft mit dem Thiere und mit seinem Mutterboden vollständig abgelöst hat.

Die Flimmerbewegung ist an die Integrität der sie tragenden Flimmerzelle gebunden, aber der Schwanz der Samenfäden *bewegt sich noch weiter*, selbst wenn er sich durch einen äusseren Eingriff von seinem eigenen Kopfe losgerissen hat.

Die Bewegung der Samenfäden verhält sich gegen Reagentien aller Art wesentlich ähnlich, wie die Flimmerbewegung, doch ist nach mei-

[1]) Nach *Koelliker* in d Zeitschr. f. Zool. Bd. VII pag. 201.

nen Untersuchungen zu bemerken, dass die Samenfäden gegen alle Beimischungen stets *bei weitem empfindlicher* sind als die Flimmerzellen desselben Thieres. Dies geht auch aus den Versuchen von *Koelliker* hervor, der beobachtet hat, dass bei allen nicht geradezu chemisch angreifenden Lösungen, welche nur durch Einleitung von Diffusionsvorgängen störend einwirken, stets nur ein in sehr enge Gränzen eingeschlossener Concentrationsgrad die Bewegungen der Samenfäden unterhält, jede Ueberschreitung dieses Grades, nach einer oder der anderen Richtung hin, lässt aber die Beweglichkeit der Samenfäden sehr bald und oft auffallend schnell schwinden. Wasser schadet in demselben Sinne, wie eine zu stark verdünnte Lösung, durch Imbibition.

Die Samenfäden der Frösche bedürfen zu ihrer Bewegung einer bedeutend weniger concentrirten Flüssigkeit, als die der Säugethiere; concentrirte Lösungen sind ihnen daher schädlicher, diluirte werden besser ertragen; daher kann selbst destillirtes Wasser die Bewegung bei Fröschen noch mehrere Stunden lang erhalten.

Zu diesen Lösungen, welche nur durch zu grosse oder zu geringe Concentration schädlich werden können, gehören die meisten thierischen Flüssigkeiten, insofern sie nicht zu sauer oder zu alkalisch sind; ferner Lösungen von alkalischen und Erdsalzen, von Zucker, Eiweiss, Harnstoff und narkotischen Alkaloidsalzen, wie von Strychnin und Pikrotoxin. Dass Letztere nicht als *Gifte* wirken, kann ich den Aussprüchen *Wagner's* gegenüber nach eigenen Versuchen bestätigen.

Wo die Samenfäden zu concentrirte oder zu diluirte Lösungen indifferenter Körper unbeweglich geworden, kann man ihnen, wie auch schon *Ankermann* gefunden, die Beweglichkeit wiedergeben, wenn man die Flüssigkeit je nach Bedürfniss mehr diluirt oder mehr concentrirt.

Viele organische Substanzen, welche chemisch einwirken, wie Alkohol, Creosot, Gerbstoff, Aether, hemmen die Bewegung absolut. Auch Metallsalze und Säuren sind, selbst in ausserordentlicher Verdünnung, absolut schädlich.

Natron, Kali und Ammoniak sind eigentliche Erreger der Bewegung der Samenfäden. Je concentrirter die alkalischen Lösungen aber sind, um so schneller greifen sie zerstörend ein und die Erregung weicht einer dauernden Ruhe. Die Erregung durch Alkalien zeigt sich sowohl, wenn in älterem Sperma die Fäden bereits von selbst ruhen, oder auch wenn man sie durch Wasser oder durch indifferente Lösungen in schädlichen Concentrationsgraden zur Ruhe gebracht hat. Auch hier zeigt sich die viel grössere Empfindlichkeit des Froschsperma.

Auch eingetrocknetes Sperma ist in gewissen Fällen wieder durch Anfeuchten in Bewegung zu bringen.

Die zu sauere Reaction des Scheidenschleimes soll, nach *Donné*, indem sie nach Art der Säuren die Samenfäden ertödtet, manche Arten von Unfruchtbarkeit bedingen.

Aus den eben angeführten Reactionsweisen geht hervor, dass die Ansicht von *Ankermann*, die Bewegung der Samenfäden beruhe bloss auf Diffusion mit der äusseren Flüssigkeit, nicht zulässig ist. Die Diffusion müsste um so stärker wirken, je mehr sich die äussere Flüssigkeit in ihrer Concentration von der innerhalb der Samenfäden entfernt, zu starke Verdünnung oder Sättigung der Lösung könnte also die Bewegung nichts weniger als hemmen. Auch dürften die Alkalien nicht als wahre Erreger wirken.

Der Einfluss der Temperatur auf die Samenfäden ist noch nicht untersucht. Ich sah sie in Froschhoden nach dem Einfrieren in Eis ihre Bewegungsfähigkeit wieder erlangen.

MUSKELBEWEGUNG.

Trotz der Verschiedenheiten, welche die Anatomie zwischen den verschiedenen Muskelapparaten der höheren Thiere statuirt, können wir nur *eine* Art der Muskelbewegung annehmen, und wir müssen die in neuerer Zeit vielfach hervorgehobene Unterscheidung zwischen der „animalischen" und „organischen" Muskelbewegung verwerfen.

Jene Unterscheidung ist zuerst von Weber in Wagners physiologischem Handwörterbuch nach dem damaligen Zustande unseres Wissens begründet worden. (Man vergl. besonders l. c. 3ten Bandes zweite Abth. pag. 22 und 23.) Meine Entdeckung der „idiomuskulären Contraction" (siehe unten) ferner die von *Helmholtz* gemachte Wahrnehmung, dass auch die „animalischen" Muskeln nach dem Aufhören galvanischer Reizung nicht „augenblicklich" zu ihrer früheren Verlängerung zurückkehren, veranlassten mich schon seit längerer Zeit, den Weberschen Ansichten entgegenzutreten und meine Auffindung der Existenz einer peristaltischen Bewegung auch in quergestreiften „animalischen" Skelettmuskeln bestätigte mich in meiner Opposition, während auch von Seiten der Anatomie es nicht an Entdeckungen fehlte, welche zwischen den früher so scharf betonten Unterschieden zwischen glatten und quergestreiften Muskeln vermittelnd einlenkten. — Wenn man nun später versucht hat, die Webersche Unterscheidung aufrecht zu erhalten, indem man als hauptsächlichste Differenz zwischen den beiden Arten der Muskelbewegung die verschiedene *Schnelligkeit* annahm, mit der sie ausgeführt werde, so hat man dadurch nicht Webers Auffassung unterstützt, die für die damalige Zeit berechtigt war, sondern man ist ihr geradezu auf eine von *Weber* selbst bereits genügend zurückgewiesene Art entgegengetreten. Zwar gibt Weber zu, dass die Bewegungen der organischen Muskeln *im Allgemeinen* langsamer seien, als die der animalischen. „Indessen," sagt er, „ist der Grad der Geschwindigkeit der Bewegung bei verschiedenen organischen" (und quergestreiften „animalischen", möchte ich hinzusetzen) „Muskeln sehr verschieden, so dass in dieser Beziehung eine gradweise Annäherung der organischen Muskeln zu den animalischen stattfindet. Wesentlicher als dieser sind daher die unterscheidenden Charactere der Bewegung beider Muskelclassen, welche von ihren Verhältnissen zu den sie hervorrufenden Reizen entnommen werden können." In der That würde eine Eintheilung der Muskeln bloss nach der Geschwindigkeit ihrer Bewegung das Herz der meisten (nicht aller) Wirbelthiere unbedingt den animalischen Muskeln zuzählen müssen, während es Weber mit besonderem Nachdruck den organischen anreiht.

A) Die Erscheinungen der Thätigkeit des Muskels.

Die Muskeln bestehen aus Fasern, denen die Eigenschaft zukömmt, sich in Folge gewisser Eingriffe, die man als „*Reizungen*" bezeichnet, in ihrem Längendurchmesser vorübergehend zu verkürzen, während ihre Dicke im Verhältniss zunimmt.

Das *Vorübergehende* der sog. „lebendigen" Verkürzung unterscheidet sie von der bleibenden Verkürzung, die in Folge mancher rein chemischer Eingriffe auftritt. Die starken Säuren bewirken in dem Muskel eine Art der Zusammenziehung, welche der durch Alkalien hervorgebrachten so sehr ähnlich sieht, dass man manchmal beide Agentien zu den Erregern der Muskelthätigkeit gezählt hat. Aber nur die Alcalien bewirken eine nach Ausgleichung des Reizes wieder *verschwindende* Verkürzung, während starke Säuren die Zusammenziehung nur durch Wasserentziehung und dauernd bewirken. In der That habe ich gefunden, dass selbst lange nach dem Tode, wenn die bereits vorhanden gewesene Todtenstarre wieder der beginnenden Fäulniss gewichen ist, also von Reizbarkeit nicht mehr entfernt die Rede sein kann, die Wirkung der starken Säuren auf den Muskel ganz unverändert fortbesteht, während die Alkalien ohne Einfluss bleiben.

Alle Muskeln der Wirbelthiere stehen, so viel bis jetzt bekannt ist, unter dem Einflusse bewegender Nerven, in der Weise, dass eine Reizung dieser Nerven die Zusammenziehuug des Muskels anzuregen vermag. Da nun die Nerven bis in das Innere der Muskelbündel hineinragen und

sich in ihnen vielfach verbreiten, so werden alle erregenden Einflüsse, die wir im normalen Zustande auf den Muskel wirken lassen, auch einzelne Nervengeflechte mittreffen. Da aber der gereizte Nerv wieder zuckungserregend auf den Muskel zurückwirkt, wird es schwer, zu entscheiden, wie sich die Muskelsubstanz selbst, unabhängig vom Nerven, gegen bestimmte Reizungen verhält, und ob überhaupt die Muskeln *ohne Vermittlung* eines gleichzeitig angeregten Nerven auf irgend eine Weise in Thätigkeit zu versetzen sind.

Da sich ferner, wie wir bald sehen werden, die Nerven verschiedener Muskelgruppen wesentlich verschieden verhalten, und sich demgemäss ihre Rückwirkung auf den Muskel im Augenblick der Reizung verschieden gestaltet, so werden wir nur dann beurtheilen können, wie viel von der verschiedenen Physiognomie der Muskelthätigkeit an verschiedenen Körperstellen dem Muskel selbst und wie viel dem Nerven zuzuschreiben ist, wenn wir den Einfluss der Nervenreizung von dem der directen Muskelreizung zu unterscheiden und zu sondern gelernt haben.

Zunächst also ist es nöthig, zu untersuchen, wie sich die Muskeln bei isolirter Reizung ihrer Bewegungsnerven verhalten.

Nervenreizung. Wenn wir auf einen noch mit seinem Muskel verbundenen motorischen Nerven eine Reizung einwirken lassen, so wird der Erfolg ein verschiedenes Ansehen haben, je nachdem der betreffende Muskel schneller oder langsamer im Stande ist, seinen momentanen Contractionszustand zu verändern, da, wie wir noch sehen werden, die verschiedenen Muskeln in dieser Beziehung grosse Unterschiede darbieten, die von vorhergegangenen Einwirkungen, von den physiologischen Verhältnissen des Thieres, zum Theil auch vom Bau des Muskels u. s. w., abhängen. Da die verschiedenen Reizungen des motorischen Nerven keine bis jetzt bemerkbare Verschiedenheit in der Reaction des Muskels bedingen, so werden wir uns zu diesen Untersuchungen stets des sichersten und stärksten Nervenreizes, des galvanischen, bedienen, und zunächst die am schnellsten sich verändernden Muskeln ins Auge fassen.

Berührt man den Schenkelnerven eines Frosches oder eines höheren kräftigen Wirbelthieres nur ganz *momentan* mit den Polen einer galvanischen Säule, so gewinnt es den Anschein, als wenn ganz gleichzeitig mit der Berührung des Nerven die betroffenen Muskeln rasch zusammenzuckten, um gleich darauf eben so schnell wieder zu erschlaffen und zu ihrer früheren Länge zurückzukehren. Dasselbe scheint der Fall zu sein, wenn man auch die Pole einer Batterie von beständiger Kraft auf dem Nerven liegen lässt, so dass der Nerv von einem gleichbleibenden galvanischen Strome durchflossen ist. In dem Augenblicke aber, wo man die Berührung aufhebt, erscheint dann eine neue Zuckung. Der galvanische Strom wirkt also als motorischer Reiz auf den frischen Muskelnerven nur im Momente seines Eintritts und seines Aufhörens. Die Modificationen dieses Gesetzes werden wir in der Nervenphysiologie besprechen.

Wendet man aber zur Reizung einen Electromotor oder eine Rotationsmaschine an, bei der sich verschiedene schnell wieder unterbrochene Ströme sehr rasch aufeinander folgen, so wird bei einer gewissen Schnelligkeit der Stromfolge der Muskel sich am Anfang der Reizung scheinbar plötzlich zusammenziehen, um während der ganzen Dauer der Reizung in einem gleichförmig contrahirten (tetanischen) Zustande zu verharren, und beim Aufhören der Reizung wird er sich eben so plötzlich wieder verlängern. Folgen sich hingegen die Schläge mit einer gewissen Langsamkeit, so wird der Muskel nicht tetanisch, sondern geräth in ein beständiges Zittern.

Eine Untersuchungsreihe, die von *Helmholtz* begonnen, von *Volkmann* und *Valentin* weiter fortgeführt worden, hat nun in der That nicht nur diesen letzteren Schluss bestätigt, sondern auch gezeigt, dass selbst die Zusammenziehung in schwankender Intensität eine messbare Zeit anhält und nur allmählich zu ihrem Maximum ansteigt.

Jenen gleichförmigen tetanischen Zustand des Muskels kann man sich, wo wahre schnelle Unterbrechungen des galvanischen Stromes (und nicht bloss beständige Schwankungen desselben) stattfinden, nur so denken, dass der neue Reiz schon eingreift, ehe der Muskel nach Aufhören des früheren seine Erschlaffung begonnen. Es liegt also hierin schon ein Fingerzeig, dass die Verkürzung des Muskels nicht so *ganz* gleichzeitig und momentan mit dem Reize aufhört, wie dies der Augenschein vorspiegelt, und wie man es für die Scelettmuskeln bis in die neueste Zeit annahm.

Helmholtz bediente sich hierbei des graphischen Verfahrens. Eine Muskel (Scelettmuskel) wurde am oberen Ende befestigt, und eine schreibende Spitze wurde mit dem unteren in Verbindung gebracht, vor welcher ohne Reibung eine berusste Glastafel mit einer bekannten Geschwindigkeit vorbeibewegt wurde. Es zeichnete sich auf diese Weise durch den noch nicht angeregten Muskel die gerade Linie, welche die Ausgangshöhe der Verkürzung (Abscisse der Muskelcurve) bezeichnete. Wurde nun der Muskel durch einen electrischen Schlag eine verschwendend kurze Zeit lang gereizt, so begann er sich zusammenzuziehen und die Spitze zeichnete dann die allmähliche Erhebung und Wiederausdehnung durch eine gebogene, nach oben convexe Linie. Je rascher der Muskel in einem bestimmten Bruchtheil der Bewegungszeit sich zusammenzog, um so mehr muss die Steilheit dieser Linie zunehmen und umgekehrt. Noch ein anderes Verfahren von *Helmholtz* siehe in dessen Aufsatz. *Müllers* Arch. 1850.

Valentin hat das Verfahren dadurch verbessert, dass er die berusste Fläche, auf der sich die Curve einkratzt, nicht vertical, sondern horizontal stellte. Die Abscisse wird dann zwar keine gerade Linie, sondern ein Kreis, aber es ist viel leichter, die so störenden und entstellenden Krümmungen der Pinselspitze, die durch die Unebenheiten der Fläche entstehen, zu vermeiden. Hat man einen Muskel auf diese Weise seine Bewegung nach einer einmaligen verschwindend kurzen Reizung aufschreiben lassen, so zeigt der erste aufsteigende Theil der Curve seine Zusammenziehung an, insofern dieselbe durch die dabei erfolgende Näherung seiner beiden Enden sich kundgibt. Die Muskelfasern sind aber im Zustand der Ruhe mehr oder weniger gekrümmt und zickzackförmig gebogen. Die beginnende Zusammenziehung wird also, ehe eine mechanische Wirkung erscheinen kann, diese Biegungen erst ausgleichen und die einzelnen Fasern strecken müssen. Auch die mikroskopische Beobachtung lehrt, dass wenn man ein Muskelstück reizt, die erste Wirkung die ist, dass sich die Fasern strecken, d. h. zu einer geraden Linie verkürzen, und dann erst wird das Muskelstück im Ganzen an Länge abnehmen können. Die Erhebungscurve beginnt daher immer erst eine ganz kurze Zeit nach dem Eintritte des Reizes. Sie steigt, verliert im Allgemeinen an Steilheit je mehr sie sich dem Maximum der Verkürzung, also ihrem höchsten Punkte nähert; sie ist aber continuirlich. Der Muskel zieht sich also zuerst rascher und dann im Allgemeinen immer weniger rasch zusammen. Es kommen aber, besonders wenn der Muskel schon etwas abgeschwächt ist, hier kleine untergeordnete Schwankungen vor. Die Curve ist nämlich dann nicht überall gegen die Abscisse hin concav,

sondern zeigt kleine dazwischenlaufende Stellen von der entgegengesetzten Ausbiegung. Hier müssen also in kurzen Zeitmomenten die Kräfte, welche der Verkürzung entgegenstehen (Schwere, Elasticität, Sprödigkeit eingeflochtener Sehnen) im Verhältniss zu den Verkürzungsantrieben, so stark geworden sein, dass sie die bereits erlangte Geschwindigkeit der einzelnen Muskelelemente etwas beeinträchtigen. Erlangen endlich diese verlängernden Kräfte das Uebergewicht, so kehrt die Curve ihre Richtung um, der Muskel beginnt sich wieder zu verlängern; die Verlängerung geschieht zuerst mit geringer, dann mit merklich wachsender und endlich mit stark abnehmender Beschleunigung. Die Abnahme der Beschleunigung gegen das Ende kann so weit gehen, dass, wenn man, wie ich dies in meinen ersten Beobachtungen vor der Kenntniss der graphischen Methode gethan, die Bewegung mit einem Fernrohr vor einer Glasscala abliest, man zuletzt nur ein stossweisses Verlängern des Muskels bemerkt.

Verlängert sich der Muskel nur durch seine elastischen Bestandtheile, kaum aber durch die Kraft der Schwere oder eines angehängten Zuges, so kehrt er nie vollkommen auf seine ursprüngliche Länge zurück. Dieser Satz, welchen alle meine Beobachtungen, und streng genommen, auch die von *Helmholtz* bestätigen, ist wichtig für die Erklärung mancher pathologischen Erscheinungen, wie wir bei Besprechung des Muskeltonus sehen werden.

Ist dem Muskel aber ein Gewicht angehängt, welches nicht allzu stark wirkt, so kehrt er im letzten Theil der Ausdehnungscurve nur *äusserst* langsam und mit kleinen zwischenlaufenden Schwankungen, die von der elastischen Nachwirkung seiner Theile abhängen, zur früheren Länge zurück.

Was die Zeitverhältnisse betrifft, muss ich bemerken, dass in allen meinen Versuchen die Expansion länger dauerte, als die Contraction; der Unterschied in der Zeitdauer war um so grösser, je träger sich der Muskel überhaupt bewegte.

Die eben beschriebene Form der Contraction und Expansion der Muskeln war dieselbe, mochte ich, wie frühere Experimentatoren, den galvanischen Strom auf den Muskel direct, oder mochte ich ihn auf den zum Muskel gehenden Nerven einwirken lassen.

Muskelreizbarkeit. *Idiomuskuläre Contraction.* Ehe man die mikroskopische Vertheilung der Nerven im Innern der Muskeln kannte, schien es sehr leicht zu beweisen, dass auch der direct gereizte Muskel, *unabhängig* von seinen Nerven, sich zusammenziehe. Man schloss dies daraus, dass erstens ein Muskel noch auf Reize zuckte, wenn man alle seine Nerven abgeschnitten, ja sogar wenn man den Muskel aus dem Körper ausgeschnitten hatte. Zweitens stützte man sich auf die Thatsache, dass nach dem Tode, wenn die Nervenstämme schon aufgehört haben, reizbar zu sein, der Muskel sich noch eine Zeit lang auf Reize zusammenzieht. Diese Erfahrungen entbehren aller Beweiskraft, seitdem es bekannt ist, dass sich noch Nerven in der Substanz des Muskels verzweigen, und dass die Nerven nicht in ihrer ganzen Länge zugleich absterben, sondern vom Centrum nach der Peripherie hin, so dass die Endzweige noch eine Zeit hindurch erregbar bleiben können, wenn es die Stämme nicht mehr sind. Die *Hallersche* Lehre von der den Muskeln innewohnenden Irritabilität, die im Munde ihres Urhebers früher so grosses Aufsehen machte, zeigte sich also als nicht gehörig begründet, und sie musste um so mehr an Wahrscheinlichkeit verlieren, je übereinstimmender alle späteren Versuche nachwiesen, dass alle Arten von Reizung,

die, auf den Muskel angewendet, Zuckung veranlassen, auf den Nerven direct applicirt, ebenfalls Muskelzuckung hervorrufen. Es begründete sich hierdurch die Ueberzeugung, dass man im Muskel bloss die hier befindlichen Nervenzweige gereizt habe. Vergebens waren alle Versuche, die *Hallersche* Lehre in der früheren Gestalt wieder ins Leben zu rufen, da sie alle an denselben Mängeln litten, wodurch diese zu Grunde ging.

Als man die mikroskopischen Netze von Nervenprimitivfasern kennen lernte, zu denen sich der motorische Nerv im Innern des Muskels auflöst, hoffte man die Frage, ob sich der Muskel auf directen Reiz ohne Vermittlung erregbarer Nerven zusammenziehen könne, dadurch zu entscheiden, dass man unter dem Mikroskop Reize auf ganz isolirte zerrissene Muskelfragmente anwendete, in denen keine Nervenfasern mehr zu sehen waren. Diese Bemühungen blieben ohne allen Erfolg, weil, wie man mit Recht annahm, der Muskel durch die Zerreissung und durch die angreifende Präparation schon alle seine lebendigen Eigenschaften verloren hatte. Denselben Zweck, alle sichtbaren Nervenelemente aus dem Muskel zu entfernen, habe ich vor Jahren auf einem anderen Wege zu erreichen gesucht. Eine Reihe von Beobachtungen hatte gelehrt, dass das peripherische Ende eines durchschnittenen motorischen Nerven bei warmblütigen Wirbelthieren nach vier mal 24 Stunden seine Erregbarkeit verliert, und dass bald nach diesem Verlust der Erregbarkeit das Nervenstück beginnt zu desorganisiren, so dass seine Primitivfasern allmählich in fettige Entartung übergehen und endlich bis auf die Nervenhüllen ganz schwinden. *Waller* hatte schon darauf aufmerksam gemacht, dass auch sehr feine Nervenverzweigungen im Inneren der Organe an der fettigen Desorganisation theilnehmen. Als ich nun Muskeln, deren Nerven schon seit längerer Zeit, etwa seit 5 bis 6 Wochen oder einigen Monaten durchschnitten worden waren, in mehrere Hundert kleine Schichten zerschnitt und diese Schichten (meistens nahm ich Vögel zu diesen Versuchen), mit Kali durchsichtig gemacht, unter dem Mikroskop untersuchte, konnte ich im Muskel auch nicht *eine einzige Nervenfaser* mehr unterscheiden. Setzte ich aber statt Kali Essigsäure zu, so konnte ich erkennen, dass statt der Nervenfasern nur noch die sie umgebenden Hüllen mit ihren abwechselnd gestellten länglichen Kernen vorhanden waren.

Alle diese Muskeln aber hatten ihre Reizbarkeit vollkommen beibehalten, alle hatten vor der Tödtung des Thieres oder unmittelbar nach dem Tode auf Schwankungen galvanischer Ströme oder auf mechanische Reze durch rasche Zuckungen geantwortet, welche sich über die ganze Länge einer angesprochenen Muskelfaser erstreckten, und die, wie die oben als Folge der Nervenreizung beschriebenen, fast gleichzeitig mit dem Reize aufhörten. Der einzige untergeordnete Unterschied, der zwischen diesen lange gelähmten Muskeln und den normalen zu entdecken war, bestand darin, dass wenn ich abwechselnd gerichtete galvanische Schläge von mässiger Kraft in stetiger Folge auf sie wirken liess, dieselben nicht, wie normale Muskeln, in eine gleichmässig angehaltene Contraction, sondern in eine mit unregelmässigem Zittern einzelner Bündel verbundene Contraction verfielen. Diese Reizbarkeit erhielt sich in zwei Versuchen selbst 14 Monate nach der Lähmung des Zungen- und des Hüftnerven, so dass ich jenen Schriftstellern nicht beistimmen kann, welche behaupten, dass die Muskelreizbarkeit 6 bis 12 Wochen nach Durchschneidung eines motorischen oder eines gemischten Nerven zu Grunde gehe.

Durfte ich aber aus diesen Versuchen schliessen, dass die Reizbarkeit von den Nerven unabhängig sei? Ich glaube nicht, wenn ich das Verhalten der Nerven im Inneren der Muskeln in Betracht ziehe. Nach mehrfachen Theilungen und Plexusbildungen werden nämlich die Nervenprimitivfasern im Muskel immer feiner und blassrandiger, bis sie endlich zugespitzt zu endigen scheinen. Betrachtet man aber diese angeblichen Endspitzen genauer bei guter Beleuchtung und starker Vergrösserung, so sieht man von ihnen noch ein System sehr blasser und äusserst schmaler *markloser* Fäden ausgehen, die mit feinen elastischen Fasern grosse Aehnlichkeit haben. Das eigentliche Ende dieser Fäden entzieht sich dem Auge und scheint in den Muskelbündel einzudringen.

Die bei der Lähmung eintretende Entartung bezieht sich nun ausschliesslich auf den Markinhalt der Nerven; sie kann also an den feinen marklosen Fäden gar nicht zur Beobachtung kommen. Die feinen Fäden sind ferner in ihrer ganzen Erscheinung so wenig charakteristisch, dass sie nur durch ihren *Zusammenhang* mit den breiteren markhaltigen Nervenfasern als zu ihnen gehörig erkannt werden. Sind letztere durch die Lähmung zerstört, so entziehen sich die feinsten Fasern von selbst der Beobachtung, ohne dass mit Bestimmtheit zu sagen ist, ob sie noch vorhanden sind oder nicht, und ob sie in ihrem Bau Veränderungen erlitten haben. Sind sie nach der Lähmung aber in ihrer Integrität erhalten und können sie (worüber wir bald entscheiden werden) auch im physiologischen Sinne als Fortsetzungen der Nerven betrachtet und von Nervenreizen afficirt werden, so ist durch die vorstehenden Versuche für die Lehre einer eigenen Muskelreizbarkeit gar nichts gewonnen. Wir lernen aber aus ihnen, dass Muskelzuckungen ohne Beihülfe des dunkelrandigen, markhaltigen Theiles der im Muskel befindlichen Nerven entstehen können.

Auf einem anderen Wege glaubte man aus der Wirkung mancher Gifte die Unabhängigkeit der Muskelzuckung vom Nervensystem beweisen zu können. *Bernard* und *Koelliker* haben nachgewiesen, dass das Curare zunächst auf die motorischen Nerven und zwar wesentlich auf den Theil derselben lähmend wirkt, welcher im Inneren der Muskelsubstanz liegt, dass aber nichtsdestoweniger die Muskeln nach dessen Anwendung nichts an ihrer Reizempfänglichkeit und Zuckungsfähigkeit verlieren.

Allerdings war bei diesen Versuchen der Einwurf ausgeschlossen, dass der lähmende Eindruck möglicherweise nur auf die gröberen Nervenäste gewirkt habe, indem diese nachweislich von der primären Wirkung gerade ausgeschlossen waren, und von vielen Seiten hat man darum geglaubt, durch diesen Versuch die alte Streitfrage nach der Muskelirritabilität zu Gunsten der letzteren entschieden zu sehen. Es wird hier aber ein Einwurf möglich, den *Koelliker* allerdings nicht ganz übersehen hat, dessen Gewicht von ihm aber sehr unterschätzt wird.

Es ist bewiesen und allgemein anerkannt, dass sich die erste Wirkung des Curare nicht auf alle peripherischen Nerven erstreckt, denn es verschont die sensibeln Nervenfasern, es ist ferner anerkannt, dass dieses Gift auch nicht die von ihm ergriffenen motorischen Fasern an *allen* Punkten ihres Verlaufes lähmt. Seine Wirkung beschränkt sich also auf gewisse Stellen, die sich demnach unter ganz besonderen Vegetationsverhältnissen, in einer ganz eigenthümlichen Wechselwirkung zur ernährenden Blutmasse befinden müssen. Nun existirt sicher in vegetativer Beziehung ein viel grösserer Unterschied zwischen den marklosen und markhaltigen Fasern im Inneren der Muskelsubstanz, als zwischen

den letzteren und den Nervenstämmen. Da nun der Versuch nur beweist, dass irgend ein Theil der Nervenleitung und zwar im Inneren des Muskels unterbrochen ist, und da alle Erscheinungen ganz genügend aus einer blossen Lähmung der markhaltigen Endgeflechte der Nerven erklärt werden können, so bleibt uns die Annahme übrig, dass die noch vorhandene Thätigkeit der Muskeln von den vom Gifte verschonten marklosen Nervenenden herrühren könnten.

Aber jene marklosen Fäden, die uns jetzt schon zwei Male hindernd in den Weg traten, sind sie denn wirklich auch *Nervenfäden*, und wenn sie es sind, haben dann die angeführten Versuche sie wirklich verschont? Beides lässt sich zeigen und erweisen durch eine Versuchsreihe, in welcher wir den Stamm des Nerven einem Verfahren unterwerfen, welches *alle* peripherischen Verzweigungen gegen Reize von einer bestimmten Stärke vollkommen abstumpft. Auch der Muskel wird sich dann gegen Reize wesentlich anders verhalten, als in den beiden vorigen Versuchsreihen, und dadurch beweisen, dass die eigentlichen Nervenenden weder durch die Durchschneidung, noch durch Curare wirklich gelähmt waren, und dass, wenn die Durchschneidung ganz evident alle markhaltigen Fasern zerstörte, die marklosen ebenfalls nervöser Natur sind, ja durch ihre *unmittelbare* Verbindung mit den Muskeln zu den wirksamsten Nervenelementen werden.

Valentin hat gefunden, dass ein constanter galvanischer Strom auf einen Muskelnerven angewendet, unter gewissen Umständen alle peripherisch gelegenen Theile dieses Nerven gegen electrische Reize völlig unempfindlich macht. Später hat nun *Eckhard* versucht, die Umstände näher zu bestimmen, unter denen ein constanter galvanischer Strom die Erregbarkeit der Nervenfasern aufhebt, was ihm freilich nur sehr unvollständig gelungen ist, so dass erst die Untersuchungen von *Pflüger* die Sache zu klarerer Erkenntniss brachten. *Eckhard* aber gebührt das Verdienst, den Einfluss dieser Wahrnehmungen auf die Entscheidung der Irritabilitätsfrage zuerst hervorgehoben zu haben. Wir werden die einzelnen Wahrnehmungen theoretisch und experimentell in der Nervenphysiologie besprechen, hier erwähnen wir nur *einer* vollkommen richtigen Beobachtung von *Eckhard*, der auch *Pflüger*, wie es scheint, beistimmt.

Isolirt man den Nerven eines Muskels in einer gewissen Ausdehnung seiner Länge nach und lässt durch ihn einen gleichmässigen aufsteigenden Strom einer starken galvanischen Kette kreisen, so wird, so bald die erste Zuckung des Muskels vorüber ist, so lange der erste Strom fortdauert, ein schwacher galvanischer oder chemischer Reiz, der den Nerven unterhalb des ersten Stromes zwischen ihm und dem Muskel trifft, keine Zuckung mehr hervorrufen. Je mehr sich der Reiz dem Muskel nähert, um so kräftiger muss die obere constante Kette sein, wenn sie noch seine Einwirkung ganz hemmen soll. Reizt man endlich den Muskel direct, so wird es möglich sein, jede Zuckung desselben ganz zu vermeiden, wenn man nur die obere Kette hinreichend verstärkt. Auf diesem Wege ist es möglich, je nachdem man die obere Kette dem Muskel mehr nähert, je nachdem man sie verstärkt, die *Zuckung* des Muskels, die sonst auf jeden schwächeren mechanischen, galvanischen oder chemischen Reiz eintritt, so lange zu verhindern, als die Continuität der galvanisch durchströmten Nervenstelle mit dem Muskel nicht gehindert ist. Aber auch wenn man stärkere Reize auf den Muskel anwendet, wird man dasselbe Resultat erhalten, so lange es möglich ist, die obere constante Kette immer in das gehörige Uebergewicht zu setzen.

Theorie und Versuch stimmen darin überein, dass wir beim eben angegebenen Verfahren die Erregbarkeit des *Nerven* bis in seine feinsten Verzweigungen abstumpfen oder relativ vernichten können. Sind wir aber auf diese Weise im Stande, durch beständige Verstärkung der Einwirkung jeden Reiz auf den Muskel, der sonst eine Zuckung erregt, *in dieser Beziehung* unwirksam zu machen, so fragt es sich, ob wir hier auf den Nerven *allein* und nicht auch zugleich verändernd auf den *Muskel* gewirkt haben. Es wird mir, hoffe ich, später gelingen, nachzuweisen, dass der constante auf den Nerven wirkende Strom den Muskel vollständig unverändert lässt, und ich bitte den Leser, sich in dieser Hinsicht zu gedulden, bis wir die am Muskel hier auftretenden Zustände erst ihrer äusseren Erscheinung nach näher erörtert haben werden. Ist aber der Muskel selbst unverändert, so müssen wir aus den vorhergehenden Versuchen schliessen, dass alle gewöhnlichen Zuckungen des Muskels auf galvanische, mechanische oder chemische Reize durch Lähmung der Endzweige des Nerven zu verhindern sind, *dass sie also von dem mit dem Muskel gleichzeitig gereizten Nerven abhängen.* Eine Vergleichung der letzten Versuche mit der Vergiftung durch Curare wird uns also beweisen, dass die letztere in der That die äussersten Verzweigungen der Nerven anfänglich verschonte, und dass der von so vielen Schriftstellern als unvereinbar hervorgehobene Widerspruch zwischen beiden Versuchsreihen nur ein scheinbarer ist.

Ist aber durch diese Versuche eine von den Nerven unabhängige eigene Reizbarkeit der Muskelsubstanz widerlegt? Ist die *Haller'sche* Lehre von der Irritabilität zu Grabe getragen? Keineswegs! Wenn *Eckhard* glaubte, nach seinen Versuchen die Muskelreizbarkeit ganz verwerfen zu müssen, so kommt dies daher, weil ihm nur die *Zuckung* als der alleinige Ausdruck der Muskelthätigkeit bekannt war, eine Zuckung, die sich rasch über die ganze Länge der Muskelfaser verbreitet, die schnell zu ihrem Maximum ansteigt, um fast eben so schnell nach dem Aufhören des Reizes wieder zu verschwinden. Diese Zuckung, welche, wie wir gesehen, ebensowohl bei Reizung des Nerven als bei directer Reizung des Muskels auftritt, fehlt allerdings nach Lähmung der Nerven, sie entsteht bloss, wenn die Reizung des Muskels die in ihm enthaltenen Nerven trifft und ich habe sie deshalb vor längerer Zeit schon als *neuromuskuläre Bewegung* bezeichnet.

Aber von ihr ganz verschieden ist eine andere Bewegungsweise, welche die Lähmung der Nerven überdauert und die nur auf directe Erregung des Muskels durch die geeigneten Reize auftritt. Ich habe sie als *idiomuskuläre Bewegung* bezeichnet und bereits längere Zeit, ehe wir in den starken konstanten Strömen ein Mittel zur Lähmung der Nerven besassen, die Unabhängigkeit dieser Bewegung von den Nerven erkannt.

Streicht man über einen Scelettmuskel eines todten Thieres, der galvanische Reize nicht mehr durch Zuckung beantwortet, mit dem Rücken eines Messers hin, so sieht man, wie sich die berührte Stelle und *nur diese* zu einem Wulste erhebt. Diese Erhebung geschieht langsam und zwar um so langsamer, je mehr der Muskel schon erschöpft ist, und je längere Zeit seit dem Tode des Thieres verstrichen ist. Man sieht sie daher meistens an Intensität noch einige Zeit zunehmen, wenn man das reizende Werkzeug schon entfernt hat. Hat der so entstandene Wulst sein Maximum erreicht, so verharrt er auf demselben längere oder kürzere Zeit, manchmal mehrere Minuten, um dann verhältnissmässig langsam wieder abzunehmen. Die dauernde, gleichsam tonische Contraction, welche dieser Bewegung zu Grunde liegt, beschränkt sich, wie gesagt,

nur auf die gereizte Stelle, sie ergreift daher bei beschränktem Reize nie eine Muskelfaser in ihrer ganzen Ausdehnung, wie die *neuromusculäre* Contraction, von der sie sich durch alle eben angeführten Charaktere unterscheidet. Sie entsteht nie so schnell, dass sie den Charakter einer *Zuckung* annähme, wie das die neuromuskuläre Contraction thut.

Diese *idiomuskuläre* Contraction ist nicht etwa eine Bewegung, welche, gleichen Ursprungs mit der neuromuskulären, nur durch einen im vorliegenden Falle vorhandenen Schwächezustand des Nerven oder des Muskels bedingt wäre, sondern sie ist vom Nerven ganz unabhängig und nur durch die directe Reizung der Muskeln bedingt, sie ist der Ausdruck der eigentlich sogenannten *Muskelirritabilität.* Dies beweisen folgende Beobachtungen.

Schwankungen galvanischer Ströme sind für den Nerven bei Weitem das wirksamste bekannte Reizmittel, sie sind viel wirksamer als chemische oder mechanische Reize, und der absterbende Nerv lässt diese schon lange unbeantwortet, wenn jene noch seine Thätigkeit anregen. Idiomuskuläre Bewegung hingegen wird nie durch galvanische Ströme hervorgerufen, letztere bleiben ganz *unwirksam*, wenn sie im Muskel keine Zuckung mehr hervorrufen, während dann chemische oder mechanische Reizung noch sehr starke idiomuskuläre Bewegung erzeugt. Wo die mächtigeren Nervenreize ihre Wirkung durchaus und bleibend eingebüsst haben, während die schwachen noch sehr wirksam sind, muss etwas anderes als der Nerv gereizt worden sein.

Die idiomuskuläre Contraction nach chemischen und mechanischen Reizen erhält sich aber auch, wenn man nach dem Vorgang von *Valentin* und *Eckhard* den Nerven bis in seine Endverzweigungen durch constante galvanische Ströme unempfindlich macht; *Eckhard*, der die idiomuskuläre Contraction nicht berücksichtigte, warnt zwar vor mechanischer Reizung, weil sie die Continuität des Nerven zerstören und ihn dadurch vom Einfluss des hemmenden Stromes befreien könnte. Dass aber eine vorsichtige mechanische Reizung in meinen Versuchen dies nicht that, geht daraus hervor, dass ich die schönste idiomuskuläre Contraction aber nie, wie beim innervirten Muskel, Zuckung durch sie entstehen sah. Galle, Alkalien, und jede mechanische Reizung zeigten sich so wirksam, wie im normalen Muskel, die Wirkung des Galvanismus aber und jede neuromuskuläre Bewegung blieb aus. Hätte *Eckhard* zur Zeit seiner Versuche den damaligen Stand der Muskellehre besser gekannt und auf ihn genügende Rücksicht genommen, so hätte er, weit entfernt die Irritabilitätslehre für eine abgemachte Sache zu erklären, in seiner Versuchsmethode sicher eine der mächtigsten Stützen derselben erkannt.

Um die supponirte Mitwirkung der Nerven bei der idiomuskulären Contraction zu vertheidigen müsste man den erörterten Thatsachen gegenüber zu sehr complicirten Hypothesen seine Zuflucht nehmen. Man müsste annehmen, dass der constante galvanische Strom, obschon seine Wirkung offenbar weiter geht, als die *markhaltigen* Nerven im Muskel, deren Zerstörung, wie wir gesehen, die Zuckung nicht hindert, dass dieser constante Strom die marklosen Fasern nicht in ihrer ganzen Ausdehnung lähme, sondern dass der peripherischste Theil derselben noch *stets* verschont bliebe, dies wäre eine Annahme, welche mit den bis jetzt bekannten und später zu erörternden Gesetzen des Elektrotonus ganz im Widerspruch stände. Zu dieser unwahrscheinlichen Voraussetzung musste man aber die zweite nicht minder gezwungene hinzufügen, dass dieser äusserste Theil der marklosen Fasern auch gegen den galvanischen Strom unempfindlich sei, während mechanische und chemische Reize

auf ihn erregend wirkten. Man berufe sich für diese zweite Annahme nicht auf die Analogie mit der ästhesodischen Substanz des Rückenmarks, denn wenn ich auch hier Leitungsfähigkeit fand ohne Wirksamkeit der direct applicirten elektrischen Ströme, so war hier jede andere directe Reizung ebenso unwirksam.

Es wird sich kaum jemand entschliessen können, der Suprematie der Nerven zu Liebe, die beiden hier angegebenen Hypothesen aufzustellen, wollte man es aber thun, so hätte man seine Aufgabe noch bei weitem nicht ganz gelöst, denn es bedürfte noch neuer Hypothesen, um zu erklären, warum die idiomuskuläre Contraction in ihrer ganzen Erscheinung so sehr von der neuromuskulären abweicht. Hier bietet sich nun der Verdacht, in den obigen Versuchen könnte der Muskel selbst bereits verändert gewesen sein. Ich habe nun zu beweisen, 1) dass die idiomuskuläre Contraction auch in Fällen auftritt, wo der Muskel noch seine völlige Integrität bewahrt hat, 2) dass constante galvanische Ströme die den Nerven treffen, die Molecularverhältnisse des Muskels nicht wahrnehmbar ändern.

I. Auch der normale Muskel des lebenden oder eben getödteten Thieres zeigt, am deutlichsten bei Säugethieren, nach directer mechanischer oder chemischer Reizung die idiomuskuläre Contraction. Da aber z. B. beim Streichen mit einer Nadelspitze oder einem Messerrücken auch gleichzeitig die Nerven gereizt werden und Zuckung entsteht, so verschieben sich während der Reizung die dem reizenden Instrument ausgesetzten Theile und andere kommen mit ihm in Berührung. Da sich ausserdem nicht alle Muskelfasern bei der Zuckung mit gleicher Intensität verschieben, so bekommt der idiomuskuläre Wulst keine scharf umschriebene, sondern eine diffuse, zickzackförmige Gestalt. Es ist hier, wie wir sehen werden, die Schnelligkeit von grossem Einfluss, mit der ein Muskel in die neuromuskuläre Contraction übergeht.

II. Im vorigen Versuch zeigte es sich, dass der zuckungsfähige Muskel die idiomuskuläre Contraction zwar darbot, aber mit ihr erschien eine Zuckung, welche wir von der gleichzeitigen Nervenreizung herleiten. Es fragt sich nun, ob diese Zuckung wirklich *nur* der Nervenreizung ihre Entstehung verdankt, oder ob sie nicht vielmehr im noch vollkommen *leistungsfähigen* Muskel stets auch als Folge directer Reizung neben der idiomuskulären Contraction auftreten muss. Um diese Frage zu entscheiden, müssen wir einen unzweifelhaft leistungsfähigen Muskel unter Umständen ansprechen, unter denen die Nervenreizung vermieden wird. Diese auf den ersten Blick sehr schwierige Aufgabe ist am Herzen zu lösen möglich. Die Herznerven befinden sich nämlich während der Diastole, wie ich gefunden habe, in einem Zustand der Erschöpfung. Sie sind nach jeder Systole eine Zeit lang gegen Reize unempfindlich. Sehr starke Nervenreize können aber diese Zeit der Umempfindlichkeit etwas abkürzen und dadurch den Herzschlag vermehren. Nun hatte ich z. B. in einem Versuche ein Froschherz, welches 12 Mal in der Minute sich zusammenzog. Galvanisiren der Herznerven vermehrte die Zahl der Schläge mehrere Male auf 16. Also war der Herzmuskel wenigstens in dem dritten Theil einer jeden Ruhezeit vollkommen zuckungsfähig, wenn nur seine Nerven zweckmässig umgestimmt worden waren.

Ich hörte nun auf, den Nerven galvanisch zu reizen und bestrich während mehrerer Pausen die Herzkammer oder den Vorhof mit einem geeigneten Instrumente. Jede Berührung hatte in jedem Momente der Unthätigkeit des Herzens eine *idiomuskuläre* Contraction zur Folge, während eine *Zuckung* erst wieder *nach* dem Erwachen der Nerven, nach der

gesetzmässigen Dauer der Pause erschien. Also hatte hier in einem noch kräftigen und sicher noch zuckungsfähigen Muskel eine directe Reizung der Muskelsubstanz ohne Mitwirkung der Nerven keine Zuckung, sondern *nur* eine idiomuskuläre Contraction zur Folge gehabt.

III. Haben wir im Vorigen gesehen, dass das Ausbleiben der Zuckung und das isolirte Auftreten einer idiomuskulären Contraction nach directer Reizung des Muskels nicht nothwendig, den Verdacht einer Veränderung des normalen Zustandes des letzteren zu erregen braucht, so fällt eigentlich jeder Grund weg, welcher mehrere Physiologen zu der Annahme veranlasste, dass in den Versuchen von *Valentin* und *Eckhard*, wo ein den Nerven durchkreisender constanter Strom die Zuckungsfähigkeit des Muskels aufhob, nicht nur der Nerv, sondern vielleicht auch der Muskel selbst vom Strome verändert worden sei. Dennoch hielt ich es nicht für überflüssig zu prüfen, ob die Veränderung, die der peripherische Theil des Nerven unter diesen Umständen erleidet, sich nicht auch theilweise auf den Muskel fortpflanze. Da die hauptsächlichste Veränderung den Nerven, wie wir noch sehen werden, in einer Veränderung seines electromotorischen Vermögens besteht, so untersuchte ich den Muskel am Galvanometer, während ein starker galvanischer Strom durch seinen Nerven ging. Aber ausser der momentanen Ablenkung der Nadel am Anfang des Stromes durch die Muskelcontraction sah ich nichts, was auf eine durch den Strom bewirkte Veränderung der Vertheilung der Electricitäten im Muskel hindeutete.

Wirkung einiger Gifte auf die Muskeln. Frühere Experimentatoren haben einigen Giften, z. B. der Blausäure, den Rhodanverbindungen etc. die Eigenschaft zugeschrieben, speciell auf die Muskeln einzuwirken und deren Reizbarkeit zu zerstören. Es zeigt sich indessen, dass diese Ansicht nicht richtig ist. Vergiftet man ein Thier mit Rhodankalium, so kann man gleich nach dem Tode allerdings keine Zuckung mehr durch Reizung der Muskeln erhalten, aber die idiomuskuläre Contraction erhält sich *ungestört* bis zum Eintritt der Todtenstarre. Nach dem Vorhergehenden müssen wir hieraus schliessen, dass die *Muskelnerven* gelähmt werden, aber die Muskeln selbst unangetastet bleiben. Veratrin, welches ich nicht geprüft habe, wirkt vermuthlich auf ähnliche Weise, da ihm *Koelliker* die Eigenschaft zuschreibt, die „Muskelreizbarkeit“ zu zerstören. Andere Gifte wirken ganz analog, aber nur auf die Nerven *einzelner bestimmter* Muskelorgane. So tödtet Sublimat und einige andere Quecksilbersalze speciell die Nerven des Herzens. Aehnlich wirkt bei Fröschen (und nicht bei höheren Thieren) der Arsenik.

Gifte, welche wie das Curare in ihrer ersten Einwirkung die Endtheile der Muskelnerven verschonen, können später bei weiter greifender Wirkung das ganze Nervensystem lähmen, und dann nur die idiomuskuläre Contraction übrig lassen. Es erklären sich hierdurch einige Widersprüche über die Wirkungsweise dieser Gifte.

Näheres über die Form der idiomuskulären Contraction. Diese ist verschieden.

1) Je nach der Art der sie bewirkenden Reizung. Am stärksten erscheint sie, wenn man über einen Muskel rechtwinklig zum Verlaufe seiner Fasern hinstreicht. Da der gebildete Wulst aber ganz genau der Ausdehnung der gereizten Stelle entspricht, so kann man ihm die manigfaltigsten Gestalten geben. Es ist auf diese Weise möglich, nur einen einzelnen beschränkten Punkt sich erheben zu lassen, oder dem Wulst die Form eines Kreuzes, eines Ringes u. s. w. zu geben. Dies ist natürlich am leichtesten, wenn die Nerven gar nicht mehr erregbar sind, so

dass der Muskel nicht durch Zucken im Moment des Reizes mehrere Punkte seiner Längenausdehnung mit dem Instrumente in Berührung bringt [1]).

2) Die Form ist verschieden, je nach den anatomischen Verhältnissen, des gereizten Muskels. Nur an den Scelettmuskeln tritt die Contraction als eigentlicher Wulst auf, weil hier eine Reihe von übereinander gelagerten, sich verdickenden Schichten auf einer unnachgiebigen Unterlage ruhen, so dass die ganze, mit der Verkürzung entstehende Verdickung nach oben hervortreten muss. Muskulöse Röhren aber werden durch die Verkürzung ihrer Ringfasern eine Einschnürung erfahren, die, je nach der Ausdehnung des Reizes, den ganzen Umfang oder nur einen Theil desselben betrifft. Sind an solchen Röhren die Längsfasern sehr entwickelt, wie am Oesophagus der Kaninchen, welcher quergestreifte Muskelfasern besitzt, so werden auf der Einschnürung noch Runzeln durch die gleichzeitig verkürzten Längsfasern sichtbar sein. Das Herz, in dem die Muskelfasern Maschen bilden, welche durch andere vielfach sich kreuzende Muskeln ausgefüllt werden, zeigt bei localer Reizung des ausgedehnten Organes eine eingedrückte, derbe, runzelig höckerige Stelle, welche durch Verdrängung des Blutes blasser erscheint, als die übrige Umgebung. Dünne, durchsichtige Herzen, wie das des Frosches, welche vom durchscheinenden Blute roth sind, werden an der verdickten Stelle um so blasser, je mehr die Durchsichtigkeit verloren geht.

Die idiomuskuläre Contraction verläuft ganz ungestört, wenn man auch den Muskel während ihrer Entstehung oder während ihres Bestehens in noch so starke Zuckungen versetzt. Muskeln, bei denen sie lange auf ihrer Höhe bleibt, können mehrfach neuromuskulär zu Zusammenziehungen und Ausdehnungen gebracht werden, ohne dass es dem idiomuskulären Wulste im geringsten Eintrag thut.

Ausbreitung der Muskelcontraction nach beschränkter Reizung. An welcher Stelle seines Verlaufes man auch ein noch innervirtes Muskelbündel reizt, und wie sehr man auch die Ausdehnung des Reizes örtlich einzuschränken sucht, stets wird die neuromuskuläre Bewegung die *ganze Länge* des Muskelbündels ergreifen. Diesem Satze, der nach meinen Erfahrungen für alle Wirbelthiere gilt, und der sehr leicht zu beweisen ist, hat man in der neuesten Zeit mit Unrecht zu widersprechen gesucht. Man berief sich dabei auf Versuche an einigen Muskeln der Frösche, die beweisen sollten, dass bei localer Reizung nur ungefähr der direct gereizte Theil, nicht aber die ganze Länge des Muskels zucke. Diese Versuche sind vollkommen richtig, unglücklicherweise wurden sie aber an Muskeln unternommen, welche ganz wie der *rectus abdominis* des Menschen, aber nur äusserlich weniger hervortretend, aus mehreren der Länge nach durch Zellgewebe aneinander gefügten Muskeln bestehen, von denen jeder auch besondere Nerven erhält. Hier musste natürlich nur ein Theil der Länge des angeblichen „Muskels“ oder vielmehr der Muskelkette zucken.

So lange die Thiere kräftig sind, hat es den Anschein, als zucke in Folge eines Reizes der Muskel gleichzeitig in seiner ganzen Längenaus-

---

[1]) Chemische Reizung bedingt eine sehr deutliche Zusammenziehung der gereizten Stelle, aber es tritt kein so hoher Wulst hervor, der von der Zunahme des Querdurchmessers der Fasern bis in die tieferen Schichten des Muskels abhängig ist. Die chemischen Agentien wirken zunächst nur auf die oberflächlichen und theilen sich nicht augenblicklich, wie die mechanischen den tieferen Schichten immer mit.

dehnung, sobald aber das todte Thier schwächer und die Bewegung im Allgemeinen dadurch etwas verlangsamt wird, zeigen sich die Erscheinungen auf andere Weise. Legt man um diese Zeit den Muskel eines warmblütigen Wirbelthieres bloss, wo die dunklere Färbung alle Bewegungen deutlicher, als bei Fröschen hervortreten lässt, und reizt eine Stelle mechanisch, etwa durch Streichen, so sieht man fast gleichzeitig mit der Reizung, während der idiomuskuläre Wulst noch im Entstehen begriffen ist, von der gereizten Stelle eine Contractionswelle ausgehen, die sich in rascher Folge nach beiden Seiten bis ans Ende des Muskels verbreitet. Während die Contraction weiter geht, erschlaffen die dem nun mehr erhobenen idiomuskulären Wulst näher gelegenen Theile. Ist die Contractionswelle am Ende des Muskels angelangt, so geht sie wieder von hier aus *rückwärts* zu ihrem Ausgangspunkte hin. Währenddessen ist aber von der Reizungsstelle eine neue Welle nach beiden Seiten ausgegangen, die der rückläufigen begegnet und sich mit ihr kreuzt, und so wiederholt sich dasselbe Spiel mehrere Male, indem die Wellen nach der Kreuzung ungestört weiterlaufen, bis sie endlich schwächer werden und aufhören.

Diese Aufeinanderfolge in der Mittheilung der Contraction ist um so deutlicher, je mehr sich die Reizung auf die oberflächlichsten Schichten einer Muskelpartie beschränkt, weil, wenn man tiefere trifft, die für die verschiedenen Schichten, je nach ihrer Länge, verschiedene Zeit, in der die Wellen zurückkehren und sich kreuzen, das Bild verwirren muss.

Ist die Reizbarkeit der Muskeln noch mässig gross, so erzeugt eine Reizung Contractionen, die beim ersten Anblick sich ganz *gleichzeitig* auf der ganzen Länge des Muskels darzustellen scheinen, aber eine grössere und angestrengtere Aufmerksamkeit kann auch schon hier die beschriebene successive Mittheilung von der Reizungsstelle aus erkennen.

Je nachdem sich die Muskeln überhaupt langsamer bewegen, um so deutlicher wird die beschriebene Aufeinanderfolge, sei diese Langsamkeit eine Eigenthümlichkeit bestimmter Muskeln, oder sei sie in sonst rasch zuckenden Muskeln erst durch äussere Einflüsse Kälte, Wintererstarrung, Ermattung u. s. w. erworben.

Die näheren Cautelen zur Beobachtung dieser Erscheinungen habe ich im ersten Bande von *Molleschotts* „Untersuchungen zur Naturlehre" beschrieben.

Die obigen Wahrnehmungen begründeten in mir die Vermuthung, dass auch bei der ganz normalen neuromuskulären Zuckung, welche auch der gespanntesten Aufmerksamkeit an allen Stellen der ergriffenen Muskelfasern ganz vollkommen gleichzeitig erscheint, nur eine ausserordentlich rasche Aufeinanderfolge sich durchkreuzender, vor- und rückschreitender Contractionswellen vorhanden sei. Was eine einigermassen noch lebhafte Bewegung nur der gespanntesten Aufmerksamkeit entdeckt, das kann die Schnelligkeit der normalen lebendigen Contraction auch ganz dem Auge verhüllen.

Da an geschwächten Muskeln auch der galvanische Reiz die beschriebenen successiven Contractionswellen zeigt, so wäre selbst die anhaltende krampfhafte Zusammenziehung, welche auf rasch wechselnde electrische Ströme erfolgt, nur ein Resultat vieler sich beständig durchkreuzender Contractionswellen. Die mikroskopischen Beobachtungen an den Muskeln der Gliederthiere scheinen diese Ansicht zu stützen, wenigstens gewahrt man hier die vorschreitende Welle auch während der lebhaftesten Thätigkeit.

Ebenso kann vielleicht dasjenige, was wir später über die *Richtung* der Muskelcontraction mittheilen werden, zu Gunsten dieser Ansicht gedeutet werden. Auch andere, später zu erörternde Thatsachen haben bereits schon frühere Autoren zu der Ansicht geführt, dass eine scheinbar ganz continuirliche Contraction aus vielen rasch sich folgenden Stössen bestehe. Wenn dem so ist, warum sollen sich nicht jene Stösse in derselben Ordnung folgen, die sich später, bei geschwächtem Muskel, sichtbar kund gibt?

Verschiedene Physiognomie der Muskelbewegung. Wir haben bereits oben erwähnt, dass wir nur *eine* Art von Muskeln annehmen, dass aber die Schnelligkeit, mit der sich die verschiedenen Muskeln bewegen, sehr grossen Verschiedenheiten unterliege. Zeigen sich solche Unterschiede in der Schnelligkeit schon unter den quergestreiften Muskeln, so sind es im Allgemeinen die einfachen, aus welchen die Eingeweide bestehen, die sich am langsamsten bewegen, so dass ihre verschiedenen Veränderungen meist sehr gut mit freiem Auge und ohne besondere Aufmerksamkeit verfolgt werden können. Hierzu kommt noch eine andere, ebenfalls bereits berührte Eigenthümlichkeit, die ich zuerst am Herzen aufgefunden, die sich auch an den noch viel langsamer beweglichen Muskeln der Eingeweide wieder findet, die aber den meisten Muskeln der Gefässe, die ebenfalls zu den glatten gehören, nicht zukommt. Ihre Nerven sind nämlich bloss in bestimmten Intervallen erregbar, in den Zwischenzeiten sind sie aber bis in ihre Endverzweigungen im Inneren der Muskeln herab völlig unthätig und gegen Reize unempfindlich.

Die freien Scelettmuskeln, die bei normalen Verhältnissen am schnellsten ihren Contractionszustand verändern, haben wir bereits oben betrachtet. Sie waren es, welche uns zu allen vorhergehenden Erörterungen als Beispiele und Untersuchungsobjecte dienten. Zeigen wir nun, wie die grössere Langsamkeit und Trägheit der übrigen Muskeln die Erscheinungen ihrer Zusammenziehung verändert.

Versuchen wir, die Muskeln nach der zunehmenden Trägheit ihrer Bewegungen zu ordnen, so kommen beim Hunde, beim Kaninchen und wahrscheinlich auch beim Menschen jetzt eine andere Gruppe von quergestreiften Muskeln, die sich mit den lebhaftesten glatten Muskeln so ziemlich in eine Reihe stellen, dann kommen die glatten Muskeln des Darmes und zuletzt begegnen wir den Muskeln der meisten Gefässe. Diejenigen Gefässe aber, welche rhythmische Bewegung besitzen (Hohlvenen, accessorische Ohrherzen der Kaninchen) bewegen sich rascher.

Hieraus hat man geglaubt, als Gesetz ableiten zu dürfen, dass stets die glatten Muskeln sich viel langsamer bewegen, als die quergestreiften.

Aber abgesehen davon, dass es eine Gruppe von quergestreiften Muskeln gibt, die vor manchen glatten keine wesentlichen Vorzüge zeigen, kehrt sich bei den *Katzen* die Ordnung sogar theilweise um, indem hier die glatten Darmmuskeln bei intensiver Anregung eine viel raschere Bewegung zeigen, als die trägeren unter den quergestreiften Muskeln.

Zu diesen letzteren gehören, ausser dem Herzen, das sich noch am meisten den freien Scelettmuskeln anreiht, einige Muskeln der Sinnesorgane, nämlich die schrägen Augenmuskeln und die Beweger der Gehörknöchelchen, (auch die Muskeln der Barthaare der Kaninchen?) die Bewegungsmuskeln der Schilddrüse und endlich der Cremaster.

Reizt man den lebenden Cremaster etwa mechanisch, so wird, weil die neuromuskuläre Contraction nur langsamer die Theile verschiebt, als bei den freien Muskeln, die erste vom Reiz berührte Stelle jeder Faser diesem längere Zeit ausgesetzt bleiben, die benachbarten Stellen werden

aber bei schnell vorübergehendem Reize von diesem verschont bleiben. Die idiomuskuläre Contraction wird sich daher im Leben beim Cremaster *fast* eben so stark und eben so scharf umschrieben ausbilden, wie bei den freien Muskeln einige Zeit nach dem Tode. Die neuromuskuläre Verkürzung erreicht langsamer ihr Maximum, der Muskel wird daher noch mässig zusammengezogen erscheinen, wenn der Reiz schon entfernt ist, und auch der idiomuskuläre Wulst wird längere Zeit auf seinem Maximum verweilen.

An dem sehr langsam beweglichen Darm müssen wir unterscheiden, ob ihn die directe Reizung zu einer Zeit trifft, wo er der neuromuskulären Bewegung fähig ist, oder in einem Zeitraume, wo seine Nerven ganz unthätig sind. Dieser letztere Zustand ist der länger dauernde, in dem wir den Darm am häufigsten antreffen. Hier wird eine Berührung bloss idiomuskuläre Bewegung erzeugen. Diese wird aber wegen des Baues der Muskeln bei einem Reize, der die Querfasern trifft, eine ringförmige Einschnürung darstellen (siehe oben). Sodann wird wegen der grossen Langsamkeit, mit welcher der Darm seine Zustände ändert, diese Einschnürung selbst im lebenden Thiere häufig erst dann recht sichtbar werden, wenn die sie erzeugende Reizung bereits wieder aufgehört hat, sie wird sich dann lange auf ihrer Höhe erhalten, um darauf wieder ganz allmählich zu verschwinden. So zeigt auf diese Weise die idiomuskuläre Contraction am Darm grosse Analogie mit derjenigen, die an den freien Muskeln erst einige Zeit nach dem Tode auftritt, wenn sich ihre Bewegungen schon sehr verlangsamt haben. Die Einschnürung wird aber am Darm um so intensiver werden, weil keine neuromuskuläre Zuckung die betroffenen Theile schnell dem Reize entzieht.

Interessanter noch gestaltet sich der Vorgang, wenn wir den Darm in einem Momente reizen, wo seine Nerven in Thätigkeit sind. Die Langsamkeit, mit der hier alles geschieht, löst die sonst so schwer zu analysirende Zuckung in ihre einzelnsten Elemente auf, die hier durch lange Zwischenräume gesondert, ganz allmählich und wie vergrössert vor unser Auge treten.

Hat der Reiz den innervirten Darm direct, aber nur ganz kurz, getroffen, so bildet sich zuerst, wie vorhin, die idiomuskuläre Einschnürung, während ihrer Entstehung geht aber von ihr die erste Welle aus, welche nach dem Obigen, die Verbreitungsweise der neuromuskulären Contraction am Darme darstellt. Langsam läuft die Welle der Länge des Muskelrohres entlang. Sie läuft, je nach der Stelle, an der die Muskeln gereizt worden, entweder nur nach einer Seite, oder nach beiden hin. Sie stellt eine vorübergehende ringförmige Contraction dar, welche aber nie die Stärke erreicht, wie die idiomuskuläre, von der sie ausgeht, nie *verweilt* sie, wie diese, längere Zeit auf einem Maximum. Dann folgt langsam die zur Reizungsstelle von den Faserenden wieder zurückkehrende Welle, die oft am Darm schwächer als die vorwärts laufende, oft rudimentär ist. Dann kommt von der Reizungsstelle eine zweite und noch später eine dritte vorschreitende Welle, alles in gleichem gemessenem Schritt, alles mit gleicher geduldverzappelnder Langsamkeit. So sehen wir statt der sehr kurzen Zeit, in der ein Reiz bei den freien Muskeln noch nachwirkt, hier die einzelnen Wellen sich noch wiederholen, wenn man beinahe schon vergessen hat, dass diese Stelle früher einer Reizung unterworfen worden. Man hat dies *peristaltische* Bewegung genannt.

Die früheren Physiologen, welche das verschiedene Verhalten der Darmnerven zu verschiedenen Zeiten nicht kannten, stritten häufig darüber, ob eine directe Reizung des Darmes ihre Wirkung über die unmittelbar berührte Stelle

hinaus erstrecke oder nicht. Schon im vorigen Jahrhundert war die Ansicht verbreitet, die Contraction am Darme folge stets ganz genau der Form der Reizung, während Andere das Gegentheil behaupteten. Man sieht, wie meine Beobachtungen diese beiden richtigen Ansichten versöhnen. Näheres über diese Punkte in der Nervenphysiologie.

Die hier angeführten Beispiele werden genügen, um zu zeigen, wie alle bis jetzt bekannten Muskelbewegungen genau denselben Grundgesetzen folgen, und wie auch die grössten anscheinenden Verschiedenheiten, einerseits der so sehr, auch bei gleichgebauten Muskeln, wechselnden Schnelligkeit der Bewegung, andererseits dem Wechsel in den Reizbarkeitsverhältnissen der *Nerven* zuzuschreiben sind.

Der Leser wird, je nach den verschiedenen Combinationen, die hier auftreten können, manche untergeordnete Verschiedenheit in der Wirkung der Reize begreifen. Wenn z. B. ein mechanischer Reiz auf das Herz unmittelbar nach der Zusammenziehung, im Anfange der Diastole, eine heftige idiomuskuläre Contraction in geringer Ausdehnung erzeugt, am Ende der Diastole aber eine diffuse idiomuskuläre Contraction und eine neuromuskuläre Zuckung (Herzschlag), so geschieht dies, weil hier periodische Erregbarkeit der Nerven sich mit rascherer Beweglichkeit verbindet. Letztere bedingt, wenn die Nerven erregbar sind, rasche Zuckung, und diese hat wieder die Wirkung, die Extension eines localen Muskelreizes auf Kosten seiner Intensität zu erhöhen.

Bei den einzelnen Organsystemen werden ihre Bewegungen speciell geschildert werden [1]).

Grösse der Muskelverkürzung. Ein ganz frei aufgehängter, von seinen natürlichen Verbindungen lospräparirter Muskel, den man mit einem kleinen Gewicht von etwa 2 Grammes beschwert, kann sich unter dem Einflusse des Magnetelectromotors um $^4/_5$ bis $^7/_{10}$ seiner Länge verkürzen (*Valentin*). *E. Weber* kam unter den günstigsten Bedingungen zu einem Verkürzungswerthe, der $^5/_6$ der ursprünglichen Muskellänge betrug, so, dass der Muskel bis auf $^1/_6$ der letzteren zusammengezogen war. An den glatten Darmmuskeln beobachtete *Valentin* eine Verkürzung bis zu 68 % der Länge der ruhenden Muskelfaser. Diese Zahl ist jedoch, mit den vorigen verglichen, wahrscheinlich zu klein, denn glatte Muskeln kann man nie so frei präpariren, dass die natürlichen Hemmnisse der Verkürzung weggeräumt wären. Ein solches Hemmniss bilden schon die dicken Falten der Darmschleimhaut, wenn der Darm sich bis zum Verschwinden seines Lumen zusammengezogen. An contractilen Gefässen beobachtete ich Verkürzungsgrössen, die diesen am Darm entnommenen Werth sicher übertrafen.

Im Leben verhindern die Spannungen der antagonistischen Muskelmassen und die Form und Starre der von ihnen bewegten Hebel, dass sich die freien Scelettmuskeln auch nur annähernd bis zu ihrem Maximalwerth zusammenziehen. *Valentin* fand für den Kopfnicker des lebenden Menschen, dass das Minimum seiner Länge etwa 40 % seines Maximums war. Die Bauchmuskeln gestatteten eine Verkürzung auf 50 %. *E. Weber* fand im Mittel für verschiedene Körpermuskeln 47 %.

Hingegen geben einige Züngenmuskeln mancher Thiere, die eine sehr ausstreckbare Zunge haben, sowie die Muskeln der äusseren weiblichen Genitalien mancher Insecten, selbst im Leben, viel grössere Werthe, als die oben ange-

---

[1]) Starke Ermüdung und der Einfluss der Kälte (Wintererstarrung) können den Verlauf der Contraction in allen Muskeln sehr bedeutend verlangsamen und dadurch ihre Physiognomie nach den eben gegebenen Andeutungen verändern. Die schnellste Muskelbewegung besitzen viele Arthropoden.

führten. Die höchsten Zahlen liefern vielleicht die Muskeln des Saugeapparates mancher Hymenopteren.

Formveränderung der Muskelfasern bei der Zusammenziehung. Schneidet man ein Stückchen eines Muskels heraus und betrachtet es unter dem Mikroskope, so zeigen die einzelnen Muskelbündel in ihrem Verlaufe gleichmässige zickzackförmige Einknickungen. Man hat diese letzteren früher als den Ausdruck einer durch die mechanische Reizung des Ausschneidens beginnenden schwachen Contraction betrachtet. Jetzt weiss man aber, dass gerade, wenn man im Muskelstückchen eine Contraction erregt, diese Zickzackbiegungen verschwinden, indem die Muskelbündel sich immer mehr gerade strecken, so dass sie endlich ganz gerade Cylinder darstellen, deren Querstreifen im Verlaufe der Zusammenziehung sich immer mehr und mehr einander nähern.

Betrachtet man den Schnittrand des Mukelbündels, so sieht man an demselben einzelne Bündel, deren Ränder sich schon in Folge der mechanischen Reizung durch den Schnitt, und noch mehr bei künstlicher Reizung ringförmig umstülpen oder nach innen wenden. (Vergl. die Abbildung in Valentins Grundriss pag. 519). Hat man die Muskeln von einem ganz frischen Thiere genommen, so können sich diese Umstülpungen im Laufe der Beobachtung wieder verlieren. Aber war der Muskel sehr nahe der Todtenstarre, so verharren diese Umstülpungen wie die in ähnlichen Fällen erregten idiomuskulären Contractionen bis über die Dauer der Starre hinaus.

Während der Contraction wird die Dauer der Muskelfaser breiter, ihr Volum im Ganzen nimmt aber mit dem des unthätigen Muskels verglichen *nicht merklich ab*. Die Volumabnahme, welche manche frühere Beobachter bemerkt haben wollen, wenn sie ganz enthäutete und ausgeweidete Thiere in einem Messapparate in Starrkrämpfe versetzten, war so klein, dass sie innerhalb der möglichen Fehlergränzen fällt. Drückt z. B. der sich zusammenziehende Muskel Blut in das Innere der Knochenhöhle unter einem Drucke, welcher die daselbst befindlichen Gase oder Dämpfe verdichten muss, so würde der Messapparat eine Abnahme der Raumerfüllung anzeigen, ohne dass sich die Muskeln irgend verdichtet haben.

Die oben erwähnten Zickzackbiegungen des ruhigen Muskels dürfen nicht als Ausdruck einer lebendigen Verkürzung, sondern nur als Wirkung der Elasticität angesehen werden. Mit Unrecht aber sieht man in ihnen eine Wirkung der Elasticität der *Muskelbündel*. Die elastische Eigenschaft müsste im Muskelbündel sehr ungleich vertheilt sein, wenn sie solche Formen hervorrufen sollte, die uns vielmehr als Beweis dienen, dass nicht die Muskelfasern selbst, sondern das zwischen ihnen liegende Gewebe der Sitz der *hier* in Betracht kommenden Elasticität ist. Indem dieses mehr als die Muskelbündel verkürzt ist, werden die letzteren an allen Stellen eingeknickt oder ausgebogen, wo sich das elastische Gewebe ihnen anheftet. Die Zickzackbiegungen der nicht elastisch gespannten, in gleichmässigen Abständen von elastischen Fasern umgebenen Muskelbündel entstehen gerade so, wie die ganz ähnlichen Biegungen in der nicht elastischen Lederhülle unserer federnden Hosenträger, wenn sie nicht angezogen werden. Der elastische Faden ist *gleichmässig* verkürzt, die nicht elastische Umgebung muss daher Zickzackfalten bilden. Die *elastischen* Eigenschaften des ruhenden Muskels kommen daher wesentlich *nicht nur den Fleischfasern, sondern auch dem Zwischengewebe zu*. Uebrigens sind diese hier besprochenen Biegungen durchaus nicht ein Attribut aller ruhenden Muskeln, sondern nur derjenigen, welche auf irgend eine Weise ihre Spannung eingebüsst haben, und sie finden sich darum vorzugsweise in ausgeschnittenen Wurzelpartien.

Muskeltonus. An das bisher erörterte reiht sich die Frage, ob die Muskeln im normalen Zustand auch während ihrer relativen Ruhe einen

geringen Grad von Contraction darbieten. Man nahm früher an, dass dies bei *allen* Muskeln der Fall sei, und dass diese schwache Contraction, der sogenannte *„Muskeltonus“* durch die Verbindung des Muskels mit dem lebenskräftigen Rückenmark vermittelst der Nerven bedingt sei. Dieser Tonus sollte während des Lebens in ungelähmten Muskeln beständig wirksam sein. Diese Annahme stützte sich besonders auf die Thatsache, dass wenn die Nerven einer Muskelpartie gelähmt sind, oder wenn man letztere durchschnitten hat, die Antagonisten der betroffenen Muskeln beständig verkürzt und wie zusammengezogen erschienen. Man stellte sich vor, der Trieb zur Zusammenziehung sei beständig in allen Muskeln wirksam, er trete aber nur dann frei hervor, wenn ihm nicht mehr durch andere in entgegengesetztem Sinne wirksame Muskeln das Gleichgewicht gehalten würde. Zunächst bedarf es einer Verständigung über die Thatsache selbst.

Stellt man sich vor, wozu allerdings manche Darstellungen Anlass geben, ein Muskel sei bei Lähmung seines Antagonisten beständig in sehr hohem Grade zusammengezogen, und in einer Art von krampfhafter Contractur, so ist dies entschieden *unrichtig*. Nur wenn eine Muskelgruppe durch den *Willen* in Thätigkeit versetzt wird, ist die Zusammenziehung einzelner Partien derselben eine excessive, wenn die moderirende Thätigkeit der Antagonisten fehlt. Man hat diesen Umstand eine Zeit lang übersehen, weil man nicht unterschied zwischen der vom Willen erzeugten und der *beabsichtigten* Thätigkeit der Muskeln. Beabsichtigen wir z. B. unseren Fuss zum Gehen zu erheben, so wirkt unser Wille nicht nur auf die Muskeln dieses Theiles, sondern wir fixiren zugleich die ganze Wirbelsäule, damit der unmittelbar geschobene Theil derselben ihre ganze Länge leichter mitziehen könne. Wenn wir uns aus der liegenden Stellung in die sitzende erheben, so fixiren wir gleichzeitig den Kopf; wenn wir die Finger zu bewegen beabsichtigen, so fixiren wir die Hand. Auf diese Weise setzen wir willkürlich fast beständig eine grosse Menge von Muskeln in Thätigkeit, ohne dass unmittelbar ein mechanischer Effect dieser Thätigkeit sichtbar wird, weil letzterer nicht beabsichtigt und durch die Antagonisten verhindert wird. Sind aber diese Antagonisten gelähmt, so tritt der mechanische Effect als Product *willkürlicher* Erregung einseitig oft bei den verschiedensten Bewegungen des Körpers oder des betreffenden Theiles, als Folge einseitiger Fixation hervor.

Eine Lähmung der Gesichtsmuskeln, des Kopfnickers einer Seite, kann auf diese Weise als Zusammenziehung des Muskels der anderen Seite sehr auffallend werden, so lange der beobachtete Kranke sich irgend bewegt, und gebieten wir ihm sich ruhig zu halten, so wird sie noch auffallender, eben weil er sich ruhig halten will und dazu alle Muskeln schwach fixirt und anspannt; ein Bestreben, das an der betroffenen Stelle sogleich in's Ungemessene ausarten muss.

Betrachtet man aber einen solchen Gelähmten, etwa bei einseitiger Gesichtslähmung, in wirklicher Ruhe, im Schlafe, oder wenn seine Aufmerksamkeit nicht besonders gefesselt ist, so zeigen sich die Muskeln der ungelähmten Seite nur äusserst wenig stärker verkürzt, als die der gelähmten. Das Gesicht ist nur ganz schwach nach der gesunden Seite verzogen. Hier ist aber Nichts, was nicht die bereits bekannten Erscheinungen am ausgeschnittenen Muskel vollkommen erklärten, Nichts, was die Annahme einer beständigen lebendigen Contraction nöthig machte.

Wir haben nämlich oben gesehen, dass auch ein ausgeschnittener Muskel, wenn er zur Zusammenziehung gereizt worden, und wenn ihm nur ganz *schwache* Zuggewichte angehängt sind, bei der Erschlaffung nie

ganz *vollkommen* zu seiner früheren Länge zurückkehrt. Um diese Rückkehr zu bewirken, bedarf es stärkerer Zugkräfte, eines stärkeren Gewichtes. Diese stärkere Zugkraft wird unter normalen Bedingungen durch die regulatorische Contraction der Antagonisten ausgeübt, sie fehlt, wenn die letzteren gelähmt sind, und daher die nach jeder Bewegung zurückbleibende Verkürzung. Brachte ich es in mehreren Versuchen an Gelähmten dahin, durch locales Galvanisiren der unthätigen Muskeln zur Contraction zu reizen, ohne dass gleich darauf der Kranke willkürliche Bewegungen der Theile machte, so trat das Gleichgewicht zwischen beiden Gesichtshälften nach der Reizung wieder ein und erhielt sich oft lange nach der Anwendung des Reizes. Sobald aber das Gesicht willkürlich bewegt wurde, entstand wieder die frühere dauernde Ungleichheit. Diese Versuche beweisen, dass eine unwillkürliche Contraction der nicht gelähmten Muskeln nicht vorhanden war, sie gelingen aber nur gut bei solchen Kranken, die ihre Bewegungen gut beherrschen können.

Dies ist aber am wenigsten von *Thieren* zu verlangen. Jeder durchschneidung der Extensoren eines Gliedes wird daher sogleich Zusammenziehung der Flexoren und umgekehrt folgen, die durch den sensibeln Reiz bei der Operation veranlasst ist und die Ungleichheiten in der Stellung zurücklässt. Hatte ich Säugethiere vollständig ätherisirt, oder hatte ich Fröschen vor dem Versuch die sensibeln Wurzeln der Fussnerven durchschnitten, so konnte ich allerdings die Achillessehne trennen, ohne dass *gleich* darauf stärkere Contraction des Fusses nach der Beugeseite eintrat, weil hier die willkürliche Bewegung durch die Operation nicht mehr angeregt wurde. Man sieht, dass diese Versuche für die obige Ansicht sprechen und keineswegs so gedeutet werden dürfen, dass die *sensibeln* Nerven den Muskeltonus bewirkten.

Weniger noch als die bisher mitgetheilten Erfahrungen, können einige andere für die Lehre von der beständigen Contraction aller freien Scelettmuskeln angeführt werden. Man hat bemerkt, dass Muskeln, die man quer durchschneidet, sich nach beiden Seiten zurückziehen. Vermeidet man bei diesem Versuche alle sensible Reizung, so ist diese Zurückziehung nicht grösser, als sie durch die Elasticität der Muskeln bedingt ist. Dies wird nach *Pirogoff* dadurch bewiesen, dass die Verkürzung bei eben getödteten Thieren gerade ebenso und in demselben Maasse hervortritt, da aber hier am Anfang noch Reste von Nerventhätigkeit vorhanden sein könnten, habe ich ähnliche Versuche bei lebenden, getödteten und bei mit Rhodankalium vergifteten Fröschen vergleichsweise unternommen. Letztere bieten, wie wir wissen, den Vortheil, dass bei ihnen alle neuromuskuläre Contraction der Muskeln schnell geschwunden ist. Bei allen diesen Thieren betrug die Zurückziehung des durchschnittenen Wadenmuskels im Mittel dieselbe Grösse. Das Fussgelenk war bei dem Versuch in halbgebogener Lage fixirt.

Auch einige Veränderungen in der Ernährung der Theile, welche nach lange andauernder einseitiger Lähmung entstehen, können nicht, wie man geglaubt hat, für die Existenz eines Muskeltonus angeführt werden. Es scheint für eine beständige active Contractur der nicht gelähmten Muskeln zu sprechen, dass bei Lähmung der Antagonisten oft Formveränderungen der Knochen, im Sinne eines anhaltenden Zuges nach der nicht gelähmten Seite entstehen. Die Thatsache ist ganz richtig, und es können, wie experimentell zu beweisen ist, Lähmungen einzelner Muskeln, z. B. nach Durchschneidung der Nerven, solche Veränderungen der Knochen bewirken, ohne dass man, wie in neuester Zeit vorgeschlagen worden, hierbei eine active Contractur in Folge eines Leidens der

Nervencentra anzunehmen braucht. Ich werde aber bei Besprechung der Knochenernährung zeigen, dass eine nur in mässigen *Zwischenzeiten* wiederholte Zusammenziehung des nicht gelähmten Muskels genügt, diese Ernährungsveränderungen zu Stande zu bringen, so dass sie nichts für eine andauernde und fortwährende Verkürzung beweisen können.

Dauern partielle Lähmungen sehr lange, so dass die nicht gelähmten Muskeln sehr lange in ungespanntem Zustande verharren, so kann die verkürzte Form in die sie die Krankheit gebannt hat, ihnen allmählich durch den Einfluss der Ernährung zur natürlichen werden. Gewinnen dann die früher gelähmten Muskeln wieder etwas an Kraft, so vermögen sie das Glied nicht mehr ordentlich gerade zu strecken, weil die neu acquirirte Form der bisher ungelähmten Muskeln ihrer Thätigkeit entgegensteht. Diese Muskeln gerathen beim Versuch, das Glied zu gebrauchen, in solche Spannung, dass ihre Sehnen wie stark angezogene Stricke hervortreten. Die frühere Unbeweglichkeit aus Lähmung wird nun zu einer Unbeweglichkeit aus mechanischem Hinderniss, und das letztere ist in diesem Falle nebst seinen Folgeerscheinungen (Kälte, Atrophie) durch den Sehnenschnitt zu beseitigen. Solche Fälle sah ich bei Hunden nach experimentellen Verletzungen in der Heilungsperiode, und analog sind wahrscheinlich die chirurgischen Beobachtungen, wo die Durchschneidung einiger Sehnen einem ganzen Gliede seine Beweglichkeit wieder gab. Ist die Form der Gelenke nicht verändert, sind ihre Bänder nicht theilweise verhärtet, so wirkt hier die Sehnendurchschneidung fast augenblicklich.

Sind hiernach alle Beweise ungenügend, welche man für die Existenz eines lebendigen Tonus in den Scelettmuskeln vorgebracht hat, so haben sich andererseits *Auerbach* (Schlesische Gesellsch. für vaterländ. Cultur 1856) und *Haidenhain* (Physiol. Studien 1856) bemüht, experimentell nachzuweisen, dass ein solcher vom Nervensystem abhängiger Tonus, wenigstens in den Muskeln der Extremitäten, nicht existirt. Muskeln, die in Zusammenhang mit dem Nerven und dem Rückenmark unter verschiedenen Spannungsgraden gemessen wurden, zeigten durchaus keine Vermehrung ihrer Länge oder Verminderung ihrer Spannung, wenn man den Nerven plötzlich trennte.

Einen „Tonus“ der freien Scelettmuskeln gibt es also nicht. Ist man aber darum berechtigt, wie man es aus theoretischen Gründen thun wollte, eine den grössten Theil des Lebens, auch während der sogenannten Ruhe, fortdauernde Thätigkeit für alle anderen Muskeln ohne Ausnahme zu läugnen? Ich glaube, diese Frage verneinen zu müssen, denn es *gibt* allerdings Muskeln, welche andauernd thätig sind und nur in besonderen Fällen ausnahmsweise erschlaffen. Man führt hier häufig die Sphinkteren an, welche beständig zusammengezogen sein sollen, aber hier scheint mir die Sache noch keineswegs streng bewiesen. Wir finden sie bei der Untersuchung im gesunden Thiere zwar jedesmal contrahirt, es wäre aber möglich, dass gerade die zur Untersuchung nöthige Manipulation, oder andererseits der Reiz des andrängenden Höhleninhaltes, die Contraction erst hervorriefe. Deutlicher ist die Sache z. B. bei den Muskeln einiger Insekten und bei einigen Muskeln der Vögel. Die Muskeln, welche bei den Singvögeln die Alula in die Höhe halten, wirken in der Ruhe beständig, im Schlafe und im Wachen, der Schwere der Alula entgegen. Dass dem so ist, sieht man daran, dass die Alula herabsinkt, sobald das Thier todt ist, oder sobald im Leben die Armnerven durchschnitten werden. Die Schwanzgabel der Poduren wird, sobald das Thier aetherisirt oder getödtet wird, durch einen eigenen federnden Mechanismus gerade nach hinten getrieben. Nichtsdestoweniger wird sie im Leben durch die Muskelkraft des Thieres *beständig* nach vorn unter den Bauch geschlagen, und nur wenn es springen will, momentan

nach hinten gebracht. Die Larven vieler Blattwespen zeigen im Leben einzelne Bauchringe anhaltend gebogen (andere Arten nur im Wachen) und nur mit dem Tode erschlaffen die Muskeln. Man könnte diese Beispiele leicht vermehren, aber sie genügen, um zu zeigen, dass Muskeln im Thiere vorkommen können, die fast das ganze Leben in Contraction verharren. Ist dies aber der Fall, so steht nichts entgegen, einen solchen Tonus auch für manche Muskeln der Säugethiere, z. B. für die Gefässmuskeln, anzunehmen, von denen die Erfahrung gezeigt hat, dass hier das *Auerbach-Haidenhainsche* Experiment gerade *zu Gunsten* des Muskeltonus ausfällt. Durchschneidet man nämlich die Nerven, die zu einem Gefässe gehen, so wird dieses unter dem Drucke des Blutes fast augenblicklich erweitert. Auch für die Muskeln der Iris zeigen analoge Versuche eine anhaltende Thätigkeit.

Wenn man gegen die Möglichkeit eines Tonus einwendet, dass kein Organ anhaltend thätig sein könne, ohne zu ermüden, dass dauernde Anstrengung immer bald Erschlaffung bedinge, und dass ein anhaltend gleichbleibender Reiz, der auf einen Nerven wirke, dessen Empfänglichkeit sehr bald vernichte, so bezieht sich dies auf unsere äusserlichen künstlichen Anregungen, während es möglich ist, dass die Natur bei solchen Reizen, die mit in den Plan des thierischen Lebens eingerechnet sind, wahrscheinlich auch die nöthigen Correctionen gegen die Abstumpfung vorgesehen habe. Dass es *innere* Bedingungen gibt, unter denen eine anhaltende Muskelthätigkeit möglich ist, zeigen ja auch die pathologischen Erfahrungen von anhaltender wahrer Contractur, sogen. *tonischem* Krampf einzelner Muskeln, hervorgerufen durch besondere Zustände der nervösen Centralorgane.

Die Erfahrung beweist übrigens bloss die anhaltende Thätigkeit vieler *Muskeln,* aber nicht die gleichzeitige aller einzelnen *Bündel* derselben. Wäre es nicht möglich, dass die einzelnen Bündel sich in ihrer Arbeit zeitweise ablösten, ohne dass dies in der Gesammtwirkung sichtbar würde?

B. Vergleichung der Eigenschaften des thätigen und unthätigen Muskels.

Dieselben Anregungen, welche im Muskel eine Verkürzung zu Wege bringen, verändern auch einen Theil der Eigenschaften des Muskels, und wir werden zu zeigen haben, dass die Veränderung dieser Eigenschaften zum Theil eine primäre Folge der Erregung und nicht erst secundär eine Folge der zu Stande gekommenen Verkürzung ist.

Electrische Eigenschaften. Bestimmtere Aufschlüsse über dieselben verdanken wir erst den verdienstlichen Forschungen von *Du Bois.* Früher wusste man zwar, dass verschiedene Punkte eines Muskels durch einen indifferenten Leiter verbunden, sehr häufig einen electrischen Strom durch denselben senden, aber man wusste nicht genau, welche Punkte man treffen müsse, und welches die Richtung des Stromes in jedem einzelnen Falle sei.

Zur Ermittelung der Existenz, der Richtung und der Veränderung der Intensität von electrischen Strömen in thierischen Theilen dienen der Multiplicator und der stromprüfende Froschschenkel.

Der Multiplicator wird zu diesem Behufe auf eine von *Du Bois* angegebene Weise eingerichtet, über welche das Nähere in dessen „Untersuchungen über thierische Electricität“ (Berlin 1848 pag. 160) nachzulesen ist. Die Zahl der Drahtwindungen des Multiplicators muss für solche zarte Versuche im Allgemeinen

eine grosse sein. Zur Untersuchung des Muskelstromes, der verhältnissmässig noch kräftig ist, genügt ein Instrument mit 4000 Windungen völlig, und es wäre nicht rathsam, die Zahl der Windungen hier allzuhoch zu steigern, weil sonst fast alle Ausschläge die Galvanometernadel bis an die Hemmung werfen würden, was feinere Intensitätsschwankungen des Stromes geradezu verdecken und die Empfindlichkeit bald vernichten müsste. Für die Erforschung der electrischen Ströme im Nerven aber bedarf man eines Multiplicators von mindestens 12,000 Windungen und man bringt deren bis zu 30,000 an.

Um die Verbindung der Multiplicatorenden mit den thierischen Theilen herzustellen, hat *Du Bois* vorgeschlagen, die Drahtenden des Multiplicators in breite Platinplatten ausgehen zu lassen, deren oberster Theil gefirnisst ist, deren unterer aber, von einem Fliesspapiermantel umhüllt, je in ein Glas mit concentrirter Salzlösung taucht. Auf den einander zugekehrten Rändern dieser zwei Gläser liegen, mit einem Ende in das Salzwasser tauchend, recht dicke Lagen (sog. Bäusche) von übereinandergeschichtetem Fliesspapier. Auf letzteres werden die thierischen Theile mit den zwei zu prüfenden Stellen aufgelegt; um aber das Eindringen des die Bäusche tränkenden Salzwassers in die thierischen Theile zu vermeiden, werden zwischen letztere und die Bäusche Stücke von thierischer Haut eingeschoben, die in Eiweisslösung aufgeweicht sind.

Der stromprüfende Froschschenkel ist der Schenkelnerv eines Frosches, an welchem noch Unterschenkel und Zehen mit ihren Muskeln hängen. Ist das Ganze noch vollkommen reizbar, so wird jede *Schwankung* eines electrischen Stromes, der durch den Nerven geht, eine Zuckung der Muskeln hervorrufen.

Da der Nerv auf Ströme von sehr kurzer Dauer reagirt, während die trägere Magnetnadel eines länger dauernden Antriebes bedarf, so liegt hierin für manche Fälle ein Vorzug des stromprüfenden Froschschenkels, der sich besonders dann geltend macht, wenn es sich darum handelt, beständig unterbrochene und rasch wiederkehrende Ströme von stets gleichmässig fortdauernden zu unterscheiden. Die Magnetnadel reagirt auf beide gleich; der Froschschenkel, der auf einen gleichmässig anhaltenden Strom nur durch eine einmalige Zuckung beim Eintritt antwortet, wird durch unterbrochene Ströme zu einer Reihe von Zuckungen angeregt, die sich bei schneller Folge zu einem einzigen nachhaltigen Starrkrampfe summiren. Die Magnetnadel ist aber insofern viel empfindlicher, als der Froschschenkel, als erstere noch Ströme anzeigt, die zwar dauernd, aber viel zu schwach sind, um in letzterem auch nur noch eine Spur einer Zuckung zu erregen.

Bei der Untersuchung der electromotorischen Wirksamkeit des Muskels unterscheidet man, nach *Du Bois*, an jedem Muskel und an jedem noch der Prüfung zugänglichen Muskelstück 1) die äussere Längsfläche oder den durch einen parallel mit ihr nach dem Laufe der Fasern geführten Schnitt blossgelegten „künstlichen *Längsschnitt*;“ 2) das obere und das untere Ende der Fasern, den *Querschnitt*, entweder a) in die electromotorisch ganz indifferente Sehne ausgehend, die den *natürlichen* Querschnitt darstellt oder b) durch künstliche Präparation entstanden, indem man scharfe Schnitte durch den Muskelbauch rechtwinklig auf den Verlauf der Fasern führt, *künstlicher* Querschnitt; 3) den *Aequator*, eine Linie, welche man sich um den äusseren Umfang des Muskelstückes, der Mitte seiner Längsachse entsprechend und alle Längsflächen halbirend, herumgelegt denkt.

Es hat sich nun gezeigt, dass, wenn man zwei Stellen eines Muskelstückes auf die Bäusche auflegt, die nach jeder Seite hin gleich weit vom Aequator entfernt sind, keine Ströme entstehen. Eben so wenig entstehen Ströme, wenn man zwei Punkte des Querschnittes auflegt, die symmetrisch zum Mittelpunkt desselben liegen. Setzt man den Aequator auf den einen Bausch und auf den anderen einen nahegelegenen Punkt des Längsschnittes, so erhält man einen schwachen Strom in der Richtung vom Aequator nach dem peripherischer gelegenen Punkte. Die

Stärke dieses Stromes wächst etwas, je nachdem man, bei gleicher Entfernung der Multiplicatorenden von einander mehr gegen den Querschnitt hin vorrückt.

Ganz analog verhalten sich Ströme, die man von verschiedenen, nicht gegen das Centrum symmetrisch gelegenen Punkten des Querschnittes ableitet. Auch hier zeigt sich ein *schwacher* Strom vom Umfang gegen die Mitte.

Bringt man den einen Bausch auf den Längsschnitt, den anderen auf den natürlichen oder den künstlichen Querschnitt, so erhält man *starke* Ströme, die zu beiden Seiten des Aequators vom Längs- zum Querschnitte gehen.

Wir sehen also, weder der Querschnitt noch der Längsschnitt sind absolut, positiv oder negativ, da verschiedene Punkte desselben Schnittes Ströme erzeugen. Der ganze Muskel muss vielmehr überall von entgegengesetzt electrischen Theilen erfüllt sein, so dass die Art ihrer Anordnung die eben angegebenen Hauptrichtungen der electrischen Strömung bedingt.

Verschiedene Versuche von *Du Bois* beweisen, dass die electromotorischen Elemente des Muskels in eine umhüllende Schicht eines feuchten indifferenten Leiters eingebettet sind.

Obschon auch das kleinste Stück eines Muskels die eben beschriebenen Gegensätze zeigt, so treten sie doch um so stärker hervor, je länger und breiter das Muskelstück ist. Der Strom ist stärker, wenn der künstliche Querschnitt, als wenn der natürliche (Muskelsehne) bei gleicher Spannweite aufliegt.

Der ganz frische Muskel, dessen Sehne höchstens mit Blut und Serum aber mit keiner eingreifenderen Flüssigkeit in Berührung war, zeigt, wie *Du Bois* in seinen neueren Untersuchungen (Berliner Monatsberichte, Juni 1851, *Moleschotts* Beiträge Bd. 2 pag. 137) gefunden, den Strom von der Oberfläche zur Sehne äusserst schwach, er wird aber sogleich verstärkt, sowie man die Sehne in irgend eine differentere Flüssigkeit eintaucht, oder wenn man die Sehne leicht drückend mit einem festen Körper berührt. Aus diesen Wahrnehmungen schliesst *Du Bois*, dass die frische Sehne oberflächlich eine sehr leicht zerstörbare Schicht besitzen muss, welche die electrischen Gegensätze verhüllt. *Du Bois* nennt diese hypothetische Schichte die *parelectronomische.* Am ausgeprägtesten ist sie bei Fröschen, die längere Zeit in sehr kalter Temperatur verweilt haben.

Auch der stromprüfende Froschschenkel zeigt bei hinlänglicher Reizbarkeit des Präparates den electrischen Gegensatz zwischen Längs- und Querschnitt eines Muskels an, wenn man diese Theile durch den Nerven verbindet. Wählt man den natürlichen Querschnitt, so kommt die Zuckung am sichersten, wenn man die parelectromonische Schicht der Sehne erst durch Befeuchtung mit differenten Flüssigkeiten (Speichel, Salzlösung etc.) zerstört hat. Schon die älteren Forscher kannten die hier behandelte Erscheinung und den Einfluss der Benetzung der Sehne unter dem Namen der *„Zuckung ohne Metalle."* Der stromprüfende Froschschenkel kann sich selbst sogar in Zuckung versetzen, indem man seinem eigenen Nerven durch Berührung von Längs- und Querschnitt des mit ihm verbundenen Gastromenius einen electrischen Schlag ertheilt.

Um die Gesammtheit der im ruhenden Muskel vorhandenen electrischen Gegensätze zu erklären, hat *Du Bois* eine sehr scharfsinnige Hypothese ersonnen, nach welcher der Muskel aus sogenannten *„peripolar* geordneten" Moleculen zusammengesetzt sein soll. Hierüber muss auf das

Werk von *Du Bois* selbst, oder auf die Lehrbücher der medicin. Physik verwiesen werden, da die ganze atomistische Auffassung, so bequem sie auch scheinen mag, als in der Erfahrung nicht begründet, von der exacten Physiologie ausgeschlossen bleiben muss.

Man hat behauptet, dass die eben geschilderten electrischen Eigenschaften des ruhenden Muskels mit der Erregbarkeit desselben im innigsten Zusammenhang stehe. Thatsache ist, dass zur Zeit, wo die Erregbarkeit des Muskels aufgehört hat, die electromotorische Thätigkeit sehr *geschwächt* ist, aber nichtsdestoweniger besteht sie noch lange fort. Die Todtenstarre lässt die electrischen Gegensätze verschwinden, oder kehrt gar ihre Richtung um, aber aus einer von *Valentin und mir* gemeinschaftlich angestellten Untersuchungsreihe erhellt, dass, wenn keine faulige Zersetzung in bemerkbarem Grade eingetreten ist, der Muskelstrom selbst nach Lösung der Todtenstarre wieder in normaler Richtung erscheinen kann, dass er in geschwächtem Grade in einzelnen Fällen, wo der Luftzutritt vermieden worden, bis 8 Tage nach dem Tode anhalten kann. Hingegen wird nach *Du Bois* durch verschiedene Misshandlungen des Muskels, die in sein Gewebe stark eingreifen, der Muskelstrom sehr rasch nach dem Tode geschwächt, resp. vernichtet.

Wir werden also die mechanische (physiologische) und die electromotorische Leistungsfähigkeit des Muskels anzusehen haben als zwei *von einander unabhängige* Factoren, die aber beide bedingt sind von einer der normalen sich nähernden Textur und Mischung des Muskels, so aber, dass die erstere der beiden (Erregbarkeit) nur mit viel geringeren Abweichungen von den normalen Bedingungen vereinbar ist, als die letztere (der Muskelstrom).

Die Summation der verschiedenen Muskelströme bedingen an ganzen enthäuteten Thieren Ströme, deren Richtung natürlich, je nach der Vertheilung der Muskelmassen, wechselt. Beim Frosch, wo die Resultante des Stromes von den Füssen nach dem Kopfe geht, hat man diesen Strom früher als *eigenthümlichen Froschstrom* bezeichnet.

Liegt ein Muskel mit Längs- und Querschnitt auf den Zuleitungsbäuschen des Galvanometer auf, und ist dessen Nadel mit einer bestimmten Ablenkung im Sinne des Muskelstromes zur Ruhe gekommen, so wird die Nadel jedes Mal gegen den Nullpunkt zurückgehen, so oft der Muskel zur Zusammenziehung angeregt wird. Die electrischen Gegensätze im Muskel verkleinern sich, sie erleiden eine „*negative Schwankung*", wie sich der Entdecker dieser wichtigen Thatsache, *Du Bois*, ausdrückt. Diese negative Schwankung verbindet sich aber mit den während der Zeit des Aufliegens des Muskels entwickelten Ladungen um die Nadel nicht nur bis an den Nullpunkt zurück, sondern noch über denselben hinaus bis tief in den negativen Quadranten hinein zu treiben. *Du Bois* hat nun durch eine besondere Reihe von Versuchen bewiesen, dass trotz dieses Zurückweichens in den anderen Quadranten kein Grund vorliegt, eine wahre Stromesumkehr der Muskeln bei der Thätigkeit anzunehmen, dass ferner nicht die Gestaltsveränderung, nicht die Verschiebung des Muskels, nicht eigene von der Verdichtung herrührende Leitungswiderstände, nicht irgend ein störender Einfluss durch das angewandte Reizmittel die Ursachen dieser negativen Schwankung sind, sondern eine wahre innere Molekularveränderung im Muskel. *Du Bois* hat gezeigt, dass ein Muskel die negative Schwankung zeigt, wenn er zwar gereizt, aber durch mechanische Mittel verhindert wird, sich zu verkürzen, und *Helmholtz* hat später (Berliner Monatsberichte 1854) noch gefunden, dass

die negative Schwankung des Muskelstromes ein ganz kurzes Zeittheilchen früher als die Contraction nach der Reizung eintritt.

Es ist noch nicht untersucht, ob Reizung der Muskelnerven auch dann noch eine Zeit lang eine negative Schwankung des Muskelstromes bewirkt, wenn der Muskel sich nicht mehr auf Nervenreize contrahirt. Nach *Valentins* und meinen neueren Versuchen *scheint* dann die negative Schwankung auszubleiben. Hingegen habe ich gefunden, dass nicht die Nervenreizung allein, sondern auch die idiomuskuläre Contraction von einer negativen Schwankung begleitet ist.

Haben wir bis jetzt die negative Schwankung des Muskelstromes mit dem Multiplicator untersucht, so gelingt dies auch mit dem stromprüfenden Froschschenkel. Die Eigenthümlichkeit dieses Prüfungsmittels, schnell abgleitende Ströme sehr gut anzuzeigen, überhebt uns hier der Nothwendigkeit, den Muskel in länger dauernde Zusammenziehung zu versetzen, ihn zu tetanisiren. Liegt der Nerv des Froschpräparates auf Längsschnitt und Sehne eines reizbaren Muskels auf, so wird er eine Zuckung hervorrufen, so bald der unter ihm gebettete Muskel gereizt wird. Es ist dies die von *Matteucci* entdeckte *„contraction induite"*, deren wahre Erklärung erst *Du Bois* gelungen ist.

Wird aber der unter den prüfenden Nerven gebettete Muskel von seinem Nerven aus tetanisirt, so geräth der Muskel des prüfenden Nerven in *anhaltende*, oft völlig *tetanische* Zuckungen. Die letzteren zeigen aber bekanntlich an, dass nicht ein gleichmässiger, sondern ein beständig schwankender Strom auf den erregten Nerven wirkt. Der erregende Strom geht aber vom tetanisirten Muskel des primär erregten Präparates aus, der in anhaltender gleichförmiger Zusammenziehung zu sein schien, und durch seine Schwankungen beweist der Strom, dass jene Zusammenziehung selbst keine wahrhaft stetige, sondern eine durch verschwindend kurze Erschlaffungen unterbrochene ist *(Du Bois)*. Es wird also auch auf diesem Wege bewiesen, was wir bereits oben gelehrt, dass die anhaltende Muskelzusammenziehung nach Erregung des Nerven mit dem Electromotor oder dem Rotationsapparat nur eine scheinbar anhaltende ist.

Die hier entdeckten Schwankungen in der Zusammenziehung sind von so kurzer Dauer, dass sie nur durch das sehr erregbare Froschapparat und nicht durch die so träg schwankende Galvanometernadel aufgedeckt werden konnten.

Du Bois hat gefunden, dass die electromotorische Wirksamkeit des Muskels noch auf andere Weise als durch Reizung verändert werden kann. Lässt man durch einen Theil eines Muskels einen starken electrischen Strom gehen und legt dies Muskelstück unmittelbar nach Entfernung des Stromes auf die Bäusche des Galvanometers auf, so findet man, dass dieser Muskeltheil einen nach einiger Zeit sich verlierenden Strom in der Richtung des vorher durchgeleiteten zeigt, so dass also der Muskelstrom hier geschwächt, verstärkt oder umgekehrt erscheint, je nach der Richtung und der Stärke des hier neu hinzutretenden Stromes. Neben diesem Strom existiren dann die von *Peltier* entdeckten Ladungen thierischer Theile (*Du Bois in Report of the brittisch Association at Belfast.* London 1853 pag. 78).

Elastische Eigenschaften. Dem ruhenden unbelasteten Muskel kommt eine gewisse „natürliche" Länge zu, welche sich zu einer mit der Grösse des Zuges wachsenden „Dehnungslänge" vergrössert, so bald eine Last dem Muskel angehängt wird. Auch der durch einen Reiz zusammengezogene Muskel hat ohne Belastung eine nach dem Grade der Contraction verschiedene „natürliche" Länge. Ist aber der zur Zusammen-

ziehung gereizte Muskel belastet, so dehnt ihn, nach der Entdeckung von *E. Weber*, die Last während der Contraction *verhältnissmässig* mehr aus, als im ruhenden Zustande. *Der Elasticitätscoëfficient nimmt also bei der Verkürzung ab.*

Ferner hat *Weber* durch sehr scharfsinnige Combinationen und Beobachtungen gefunden, dass auch in dem Maasse, als ein Muskel ermüdet, die proportionale Ausdehnung durch dasselbe Gewicht grösser wird, und zwar ist dies Steigen mit wachsender Ermüdung beträchtlicher für kleine als für grössere angehängte Gewichte.

Die verminderte Elasticität des thätigen Muskels ist keine Folge der Aenderung seiner Form, sondern deutet auf eine moleculäre Veränderung, welche schon das *Bestreben* zur Verkürzung begleitet. Dies wird dadurch bewiesen, dass *Weber* in einzelnen Fällen, wo der Muskel so erschöpft war, dass Reizung *gar keine* sichtbare Verkürzung mehr erregte, den belasteten Muskel durch galvanischen Reiz statt sich zu verkürzen, sich vielmehr *verlängern* sah. Hier war also die in Folge der Erregung eintretende Abnahme der Elasticität isolirt hervorgetreten.

Volkmann (Leipziger Verhandlungen 1856 I.) hat gezeigt, dass wenn man den zu beobachtenden Muskel schon *vor* der Verkürzung belastet, dies zu einer bei einmaliger Contraction schon wirksamen Ermüdung führe, die die Abnahme der Elasticität bei der Verkürzung *grösser* erscheinen lässt, als sie in der That ist. Mehrere Versuchsreihen nach verschiedener Methode angestellt, haben ihm gezeigt, dass der Einfluss der Ermüdung während einer einmaligen Contraction sehr verschieden ausfallen kann, je nach dem Momente der Thätigkeit, in dem die Last mit dem Muskel in Conflikt kommt. Vergl. übrigens über diese Arbeit *Volkmanns* die Replik von *Weber*. (Leipziger Verhandl. 1857.)

Wir begnügen uns, hier nur anzudeuten, dass *Webers* Entdeckungen über den raschen Einfluss der Ermüdung auf die Elasticität der Muskeln, bei schwieriger Einrichtung frischer Luxationen vielleicht practisch zu verwerthen ist.

Harless fand als Bestätigung der *Weberschen* Entdeckung, dass ein Muskel, als tönende Zunge angewandt, im gereizten Zustande einen tieferen Ton gibt, als im ruhenden.

Die vorstehenden Beobachtungen beziehen sich übrigens bloss auf die neuromuskuläre Verkürzung und ihre Gültigkeit für die idiomuskuläre ist noch nicht untersucht.

Wechselwirkung mit der Atmosphäre. (Nach *G. Valentin.*) In Beziehung auf dieselbe unterscheidet sich der erregbare Muskel vom todten, und andererseits der in Thätigkeit gesetzte Muskel vom unthätigen. In Betreff der unthätigen Muskeln gelten folgende Sätze. Die Muskeln ändern, wie alle anderen thierischen Gewebe, die sie umgebende Atmosphäre, indem sie, auch selbst noch längere Zeit nach dem Tode, Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure abscheiden.

So lange die Muskeln eines Froschpräparates erregbar sind, nimmt das Volum der Atmosphäre, die mit ihnen in Wechselwirkung steht, merklich ab. Ist die Erregbarkeit geschwunden, so *mindert* sich nach und nach diese Abnahme des Volums, bis sie endlich ganz aufhört oder selbst einer *Zunahme* Platz macht, welche der beginnenden Zersetzung entspricht.

Der lebende wie der todte Muskel verzehren weit mehr Sauerstoff im Verhältniss zur hervortretenden Kohlensäure, als das venöse Blut bei seiner respiratorischen Umwandlung in hellrothes. Der todte Muskel liefert mehr Kohlensäure als der reizbare, auch seine Sauerstoffaufnahme vermehrt sich, aber in relativ geringerem Grade, so dass nach dem Tode

weniger Sauerstoff im Verhältniss zur gebildeten Kohlensäure aufgenommen wird, als im Leben.

Der lebende Muskel verändert den Stickstoff der umgebenden Atmosphäre in nicht bemerklicher Weise, die erhaltenen Sckwankungen blieben hier in den Gränzen der Beobachtungsfehler. Der für Reize unempfänglich gewordene Muskel aber *sondert stets Stickstoff aus.*

Diese Ergebnisse sind wesentlich dieselben, ob der Muskel seine Erregbarkeit nach und nach verloren hat, oder ob die Muskeln durch künstliche Mittel, durch mechanische Misshandlung, durch hohe Grade von Kälte oder Wärme, sehr schnell abgetödtet worden sind. In den letzteren Fällen hat man *sogleich* die charakteristischen Verhältnisse des Gasumtausches todter Muskeln, die im ersten Falle erst längere Zeit nach der Herstellung des Präparates hervortreten. Es ist hierdurch der Verdacht ausgeschlossen, als ob die beginnende Fäulniss mit zu diesen Ergebnissen beigetragen.

Wenn auch der todte Muskel *relativ* weniger Sauerstoff, im Verhältniss zur Kohlensäure, als der lebende absorbirt, so ist hier immer die Sauerstoffaufnahme noch grösser, als zur Bildung der exhalirten Kohlensäure nöthig ist. Anders verhält sich die Sache aber beim *contrahirten* Muskel.

Während der Contraction ist die Ausscheidung der Kohlensäure gegen den ruhenden reizbaren Zustand sehr vermehrt, auch die Sauerstoffaufnahme ist absolut vergrössert, aber ihr Mengenverhältniss ist bemerklich *geringer*, als der gebildeten Kohlensäure entsprechen würde. Stickstoff wird bei der Contraction nicht merklich frei. (Vergl. über die Verhältnisse des ruhenden Muskels *Valentin* im Tübinger Archiv XIV pag. 432 und über die des contrahirten einen anderen Aufsatz von *Valentin*, der für einen der nächsten Bände dieser Zeitschrift bestimmt ist).

Mit den vorhin erwähnten Thatsachen hängt wahrscheinlich die Beobachtung von *Seguin* zusammen, dass Anstrengung der Muskeln im lebenden Menschen die Sauerstoffaufnahme durch die Lungen vermehrt. Auch steigert sich durch Muskelanstrengung die Menge der exspirirten Kohlensäure.

Innere Zusammensetzung. Aus dem Vorstehenden ist schon klar, dass sich die innere chemische Zusammensetzung des Muskels ebenfalls ändern wird, je nachdem er lebend oder todt, ruhig oder in Bewegung ist. Indessen fehlen bis jetzt noch nähere Untersuchungen über die Schwankungen in der Zusammensetzung der festen Muskelmasse oder der Muskelflüssigkeit. Nur einzelne Thatsachen werden aufgeführt, die auf eine chemische Umwandlung während der Contraction schliessen lassen.

Helmholtz (*Müllers* Arch. 1845) hat gezeigt, dass wenn man eine wässerige Lösung des Rückstandes der Muskelflüssigkeit zweier Muskelpartien, von denen die eine sich in Ruhe befunden, die andere bis zur Erschöpfung tetanisirt worden, abdämpft und mit Weingeist behandelt, der Weingeist mehr Stoffe aufnimmt aus der vom erschöpften Muskel stammenden Partie, als aus der anderen.

Du Bois soll gefunden haben, dass ein frischer Muskel eines Thieres, der sich lange in Ruhe befunden, neutral reagire, dass der Muskel aber sogleich sauer werde, so wie er einige Zeit zur Contraction gereizt worden war.

Ich fand übrigens bei Kaninchen ruhende Muskeln, einige Male sogar schwach alkalisch.

Da *Liebig* in den Muskeln, die sich lebhaft vor dem Tode bewegt hatten, und *Scheerer* im Herzen der Säugethiere das Kreatin in grösserer Menge fanden, so glaubt man hieraus schliessen zu dürfen, dass die Contraction die Menge des Kreatin steigere.

Wärmeerzeugung. Dass sich diese in den verschiedenen Zuständen des Muskels verschieden gestalte, lässt sich aus der bedeutenderen Gasaushauchung bei der Contraction erschliessen.

Die Muskelthätigkeit erzeugt Wärme. Es ist eine alte Erfahrung, dass ruhende Glieder leicht frieren und dass sie sich durch Bewegung erwärmen. Dieser Erfolg erklärt sich aus dem Einfluss der Bewegung auf die Circulation des Blutes. Die kleinen Venen der Muskeln werden durch die Contraction momentan zusammengedrückt, es entsteht dadurch eine vorübergehende grössere Blutfülle in den Gefässen des Muskels, weil der Rückfluss aus ihnen gehemmt ist.

Der Druck auf die tieferen Venen lässt aber das Blut theilweise mehr den oberflächlichen Gefässen der Haut zuströmen, daher erhöht sich auch das *Gefühl* der Wärme in der Haut bewegter Theile, das Anschwellen der Hautgefässe durch Bewegung kennt jeder Chirurg, der die Blutung aus der Aderlasswunde sogleich zu verstärken weiss, wenn er die Finger und den Vorderarm sich bewegen lässt.

Bequerel und *Breschet* haben auch am Muskel des lebenden Menschen durch Einstossen der Löthstellen eines thermoelectrischen Apparates bewiesen, dass er durch Bewegung rasch an Wärme zunahm. Hierbei ist freilich auch noch bei anstrengender Bewegung die Steigerung der gesammten Circulationsthätigkeit mit in Betracht zu ziehen, ferner der Einfluss körperlicher Anstrengung auf die Gefässnerven einzelner Theile, den wir in der Nervenphysiologie behandeln werden.

Es ist aber in gewisser Hinsicht von Interesse, zu erfahren, ob der Muskel durch seine Zusammenziehung an und für sich, unabhängig von dem in ihm circulirenden Blute, auch Wärme frei machen könnte, und diese Frage ist es, die uns eigentlich nur hier beschäftigen kann. *Matteucci* hat mehrere abgeschnittene Froschschenkel in einem Glase mit eingestecktem Thermometer so aufgehängt, dass sie den Thermometer dicht umgaben und dass sie von aussen zur Zusammenziehung gereizt werden konnten. Bei anhaltender Reizung der Schenkelnerven stieg die Temperatur im Glase.

Helmholtz hat sehr genaue Versuche an abgelösten Froschschenkeln mit einem eigenen thermoelectrischen Apparate angestellt, durch den noch eine Temperaturdifferenz von $^1/_{10000}$ Centigr. ermittelt werden konnte.

Die Froschmuskeln am Oberschenkel würden nach *Helmholtz* bei Ausschluss der Circulation noch eine Temperaturerhöhung von etwas über 0,14° C. bei der Zusammenziehung hervorbringen können. (*Müllers* Arch. 1848 pag. 144)

C. Muskelreize.

Wir haben in den früheren Abschnitten gesehen, auf welchem Wege wir im Stande sind, auf den erregbaren Muskel zu wirken, während die sich in ihm verbreitenden Nerven momentan oder dauernd ihre Empfänglichkeit eingebüsst haben. Nur diejenigen Agentien, welche den noch völlig erregbaren Muskel bei Ausschluss der Nerventhätigkeit in Zusammenziehung versetzen, können wir als wahre Muskelreize betrachten, andere Einflüsse aber, welche *nur dann* wirken, wenn auch der Nerv erregbar ist, müssen wir hier nothwendig ausschliessen, weil es klar ist, dass solche nicht den Muskel direct, sondern nur indirect durch Vermittlung des Nerven ansprechen.

Das wichtigste Erregungsmittel für den Muskel ist freilich gerade der thätige Bewegungsnerv selbst. Das *wichtigste* nicht nur, weil es das *einzige* zu sein scheint, welches im unverletzten lebenden Thierkörper zur Geltung kommt, sondern auch deshalb, weil durch dieses Mittel allein von einem kleinen beschränkten Punkte aus der ganze Muskel, ja eine ganze Muskelgruppe zu gleichzeitiger harmonischer Thätigkeit angespornt wird, während die Wirkung aller anderen Reize sich genau auf den von ihnen berührten Punkt einer einzelnen Faser beschränkt, weil ferner die Nervenreizung innerhalb oder ausserhalb des Muskels die einzige bis jetzt bekannte Art der Erregung ist, welche eine relativ rasch anwachsende und sehr bald nach der Reizung wieder verschwindende Wirkung zeigt.

Wir haben die Bewegungsform, welche der Muskel nach Ausschluss der Nervenreizbarkeit darbietet, bereits als die sehr charakteristische „idiomuskuläre Bewegung" kennen gelernt, und wenn es streng erwiesen wäre, dass directe Muskelreizung in *allen* Fällen dasselbe Resultat liefern *müsse*, welches sie uns bisher *stets und beständig* geliefert hat, so wäre es sehr leicht zu entscheiden, ob ein Mittel nur den Nerven, den Muskel oder beide zugleich reize, je nachdem er eine der beiden Bewegungsarten allein, oder beide zugleich liefert. Bei unserer mangelhaften Einsicht in den Zusammenhang der Erscheinungen müssen wir uns aber vor einer übereilten Generalisirung von Thatsachen hüten, die so manches theoretische Bedenken erregt, und können nur daran festhalten, dass idiomusculäre Bewegung niemals vom Nerven ausgeht.

Aber auch die Mittel, die Nerventhätigkeit auszuschliessen, haben für die vorliegende Prüfung einen verschiedenen Werth. Lassen wir einen starken constanten galvanischen Strom aufsteigend auf die Muskelnerven wirken, so werden die Nerven im Muskel nur gegen *schwächere* Reize unempfindlich. Wird die Wirkung eines Reizes durch Galvanisirung der Nerven aufgehoben, so dürfen wir also daraus schliessen, dass der Reiz nur auf die Nerven wirkte, aber die Umkehr dieses Schlusses bei den entgegengesetzten Erscheinungen ist hier nicht so sicher. Denn wenn irgend ein zu prüfender Reiz in *leichterem* Maasse *gar nicht* wirkte und in *stärkerem* Maasse Zuckung hervorriefe, so könnte der Erfolg verschieden gedeutet werden.

Wir werden uns also hauptsächlich auf die anderen oben erwähnten Versuchsmethoden verlassen müssen.

Am stärksten wirkt auf die Muskeln der *mechanische* Reiz. Er kann auf mehrere Weise angewendet werden. Wenn die Reizbarkeit schon fast ganz erloschen ist, kann der Muskel noch dadurch in idiomuskuläre Contraction versetzt werden, dass man mit einem kantigen Instrumente auf ihn *klopft*. Die unmittelbar darauf deprimirte Stelle erhebt sich zum Wulst. Druck wirkt auf ähnliche Weise.

Weniger lang und weniger kräftig wirkt Streichen über den Muskel z. B. mit dem Scalpellstiel, oder einem Glasstabe.

Am meisten Empfänglichkeit von allen mechanischen Reizen setzt die Dehnung voraus. Nur der ganz reizbare Muskel contrahirt sich auf sie idiomuskulär in seiner ganzen Länge.

Unter den *chemischen* Reizen stehen oben an die *Alkalien*. Sie sind die eigentlichen chemischen Muskelreize. Besonders stark wirken die kaustischen. Werden sie auf den noch innervirten Muskel applicirt, so entsteht noch vor der neuromuskulären eine sehr ausgesprochene idiomuskuläre Bewegung, die hier oft *deutlicher* nie aber *stärker* ausfällt, als die bei mechanischem Reiz unter *denselben* Verhältnissen. Der letztere

erregt nämlich beide Arten der Bewegung fast gleichzeitig, so dass die eine die Ausbildung der anderen etwas stört, aber die Alkalien dringen langsamer ein, und erfassen den Nerven im Muskel erst dann, wenn sich der hier freilich viel weniger heraustretende, idiomuskuläre Wulst schon zu bilden angefangen hat.

Weniger kräftig als die caustischen, wirken die kohlensauern Alkalien, die schon eine höhere Stufe der Reizbarkeit voraussetzen.

Auch einige andere Stoffe scheinen nur durch ihre alkalischen Eigenschaften den Muskel zur idiomusculären Contraction anzuregen. Hierher gehört zunächst die *Galle*, welche, am kräftigsten die ausgesprochen alkalische Froschgalle, auf alle Muskeln wirkt, ausserdem aber ist wahrscheinlich die Wirkung der vegetabilischen *Alkaloide* auf die reizbareren Mukeln durch ihre Reaction zu erklären. Am meisten empfindlich gegen diese Alkaloide ist das Herz, welches auch durch andere schwächere Reize verhältnissmässig viel stärker als die anderen Muskeln contrahirt wird. Auch dauert beim Herzen die Contraction viel länger an, als bei vielen anderen Muskeln.

Weingeist bewirkt ebenfalls Contractionen in Muskeln, deren Nerven entweder durch Rhodankalium unwirksam geworden, oder die nach dem Tode nicht mehr auf starken Reiz zucken. Das Herz, welches nicht mehr schlägt, oder das schlagende Herz während der Pause, wo die Nerven nicht auf den Muskel einwirken, sah ich durch gewöhnlichen Bordeauxwein oder Champagnerwein ganz langsam blass, sehr stark contrahirt und runzelig werden, wie dies immer der Fall ist, wenn seine Muskeln direct angeregt werden.

Auch Aether- und Chloroformdämpfe, die den entblössten Muskel direct treffen, erzeugen eine idiomuskuläre Contraction, die über den ganzen Muskel verbreitet, als *Starre* auftritt. Diese Dämpfe wirken langsamer als Weingeist.

Kohlensaures Gas hat bei *längerer* Einwirkung auf eine und dieselbe entblösste Muskelstelle einen ganz ähnlichen Erfolg.

Auch bei den letztgenannten Stoffen zeigt sich die grössere Reizbarkeit des Herzmuskels dadurch, dass bei ihm die Starre rascher eintritt.

Die stärkeren Säuren bringen wohl eine *Zusammenziehung* des Muskels aber keine *Verdickung* desselben hervor und eine genauere Vergleichung zeigt, dass sie mehr chemisch auf den Muskel einwirken. Von einigen Säuren, wie Phosphorsäure, Weinsäure, schwefliche Säure, sah ich aber in sehr *verdünntem* Zustande noch eine *reizende Einwirkung* auf den Muskel. Andere Säuren, wie gewöhnliche Milchsäure, erregen den Muskel nicht, wenn sie nicht Wasser entziehen.

Alle mit diesen chemischen Reizmitteln im Ganzen behandelten Muskeln, z. B. nach dem Eintauchen derselben in die Flüssigkeiten, sind steif und haben den electrischen Gegensatz zwischen Längen- und Querschnitt auf's Höchste geschwächt. Mit der Verlängerung kehrt auch der Muskelstrom zurück.

Thermische Reize. Hierher rechne ich die Wirkung mässig erwärmten Wassers auf die davon berührten Muskeln. Schon lange ist es bekannt, dass höhere Wärmegrade den Muskel unempfänglich gegen zuckungserregende Einwirkungen machen. *Du Bois* hat gefunden, dass auch warmes Wasser von niederer Temperatur, bis zur menschlichen Blutwärme herab, die Muskeln „todtenstarr und reactionslos" macht, nur müssen die Theile um so länger im warmen Wasser verweilen, je niedriger seine Temperatur. *Pickford* hat gefunden (*Henle & Pfeuffer's* Zeitschr. N. F. I. p. 110), dass diese sogenannte *Wärmestarre* sich wieder

nach einigen Minuten löst und dass die Zuckungsfähigkeit zurückkehrt, wenn der Froschmuskel nicht zu lange dem heissen Wasser ausgesetzt gewesen. Die Starre ist also bei mässiger Einwirkung der Wärme bloss vorübergehend. Ein Froschschenkel wurde 25 Secunden lang in Wasser von 65° R. getaucht „wärmestarr", fing aber schon nach 2 Minuten an, sich zu erholen. *(Pickford).* Ein Schenkel, den ich in Wasser von 36° R. in einer Minute steif gemacht, hatte sich nach 4 Minuten völlig erholt.

Diese sogenannte „Wärmestarre" ist nun nichts anderes als die bekannte idiomuskuläre Zusammenziehung, die auch partiell an *einzelnen* entblössten Stellen eines Muskels durch warmes Wasser erzielt werden kann. Man darf gewiss nicht, wie es geschehen ist, von einer Gerinnung des Muskelalbumin durch die Wärme sprechen. Der Muskel ist so lange unfähig, sich zuckend zusammenzuziehen, als er bereits durch den Reiz nachhaltig zusammengezogen *ist.* Es gibt aber deshalb eben so wenig eine besondere Wärmestarre wie man eine besondere Kali-, Natronstarre u. s. w. annehmen kann.

Dampf von den angegebenen Wärmegraden lässt die Wirkung langsamer hervortreten *(Du Bois).*

Trockene Wärme hingegen zeigt keinen deutlichen Effect, wahrscheinlich weil die Oberfläche der Muskeln durch sie ausgetrocknet zu einer die Wärme schlecht leitenden Schale wird *(Du Bois).*

Kaninchenmuskeln mit Wasser von 54° C. behandelt, verhielten sich in meinen Versuchen wie Froschmuskeln in Wasser von 40° C.

Sehr hohe Wärmegrade oder solche, die zu lange einwirken, verändern das Muskelgewebe, indem sie Kochung desselben erzeugen.

Der durch Wärme *contrahirte* Muskel zeigt einen *relativ schwachen* electrischen Strom, ich kann aber die Angabe nicht bestätigen, dass er vollkommen *stromlos* sei. Hingegen ist dies für den *gekochten* Muskel der Fall.

Auch höhere Kältegrade machen den Muskel starr, so dass er sich wieder erholen kann. Es ist aber noch nicht genügend untersucht, ob er sich während dieser Starre in Contraction befindet.

Der Galvanismus und der electrische Strom sind keine directen Muskelreize. Sie wirken nur auf die Nerven und lassen den Muskel ruhig, wenn die Nerven nicht mehr empfänglich sind. So wird einige Zeit nach dem Tode eine vom galvanischen Strom durchflossene Muskelstrecke völlig unbewegt bleiben, während mechanische oder chemische Reize noch starke idiomuskuläre Bewegungen hervorrufen. Dasselbe ist der Fall bei den Muskeln von Thieren, die an Vergiftung mit Rhodankalium gestorben sind. So bleibt auch der electrische Strom wirkungslos am Darm in den Zeiten, wo man die Mesenterialnerven nicht erregen kann, und das Herz, welches in den Intervallen zwischen zwei Schlägen durch jeden Muskelreiz zu langsamer, anhaltender und fortdauernder Contraction zu bewegen ist, zeigt gegen den galvanischen Reiz sich dann völlig unempfindlich.

Schon vor mehreren Jahren habe ich indessen beobachtet, dass bei Anwendung der Pole einer gewöhnlichen starken Batterie auf einen nicht mehr innervirten Muskel, zwar die vom Strom *durchflossene* Stelle ruhig bleibt, aber der Punkt, der die unmittelbare Berührungsstelle des *negativen* Poles bildet, langsam in nachhaltige Contraction geräth. Es ist dies eine rein chemische Reizung, indem sich daselbst Producte der Electrolyse ansammeln. Die alkalische Flüssigkeit, die hier bei starkem Strom sehr reichlich auftritt, kann sogar unmittelbar nach Wegnahme der Pole einen anderen reizbaren Muskel in Contraction versetzen, den man hier auflegt. Dieser Umstand beweist am besten, dass man hier keine unmittelbare Wirkung des Galvanismus vor sich hat, wenn hierzu nicht schon der Umstand genügte, dass eben nur dieser Punkt und nicht die ganze vom Strom durchflossene Stelle erregt wird. Bei Anwendung von galvani-

schen Apparaten, an denen die Stromrichtung beständig wechselt, tritt daher die Muskelreizung an den zwei beschränkten Stellen auf, die von den Polen berührt werden, aber nicht *zwischen* den Berührungsstellen. Man kann dies sehr gut am Herzen beobachten.

Duchenne (*Influence de l'electrisation sur l'hemiplegie de la face. Par. 1854*) hat zuerst auf einen besonders in prognostischer Hinsicht sehr wichtigen Unterschied aufmerksam gemacht, welchen verschiedene sonst in ihren Symptomen ganz und gar übereinstimmende und bisher mit einander verwechselte Fälle von Lähmungen zeigen. Während sich bei den einen der Muskel auf jeden stärkeren, direct durch ihn geleiteten electrischen Strom leicht contrahirt, ist in den anderen Fällen die Empfänglichkeit des Muskels für den electrischen Reiz ganz erloschen. Die letzteren Fälle bedürfen zur Hebung stets sehr langer Zeit. Wir werden nach dem bisher Erörterten kaum irren, wenn wir annehmen, dass in den ersteren Fällen die Krankheitsursache die Nervenleitung bloss an einer Stelle des Nerven unterbrochen, in den anderen aber der *ganze* Nerv bis in seine letzten Enden ergriffen ist.

Die Befeuchtung und Durchtränkung der frischen Muskeln mit destillirtem Wasser ist fälschlich als ein directer Muskelreiz betrachtet worden. Sie wirkt, wie wir später sehen werden, auf die Nervenenden im Muskel, und erzeugt nur neuromuskuläre Contractionen.

Nach allem Vorhergehenden ist es klar, dass, abgesehen vom Nerveneinfluss, eine sehr grosse Analogie, wenn nicht etwa ein vollständiger Paralellismus, zwischen den Reizbarkeitsverhältnissen der Muskeln und der Wimperorgane herrscht.

Auf manche nähere Verhältnisse des Nerveneinflusses in seiner Einwirkung auf die Muskelthätigkeit werden wir in der Nervenphysiologie zurückkommen.

Dort werden wir auch die Thatsachen beleuchten, deren irrige Deutung zu der falschen Annahme führte, dass es Nerven gebe, deren Anregung den Muskel, statt ihn zu verkürzen, *verlängern* könnte.

D. Bedingungen der Muskelerregbarkeit.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Art der Zusammenziehung der Muskeln und die sie erregenden Reize für sich betrachtet, wenden wir uns zu den, leider nur sehr mangelhaft bekannten Bedingungen, an welche die Contractilität der Muskeln gebunden ist.

Im Allgemeinen erfordern die Muskeln zur Erhaltung ihrer Thätigkeit eine gewisse Lebendigkeit des Stoffwechsels in ihrem Gewebe. Dieser Stoffwechsel wird im Thiere durch die Blutcirculation vermittelt. Die Aufhebung derselben bedingt daher nach kurzer Zeit den Tod des Muskels. Der letztere erfolgt nach Unterbrechung der Circulation früher bei Vögeln als bei Säugethieren und am spätesten bei Amphibien. Er erfolgt ferner früher bei älteren Thieren als bei jüngeren. Dieser letztere Satz gilt wenigstens für die Säugethiere. Vermuthlich bleiben die Muskeln nach Unterbrechung der Circulation nur so lange reizbar, als die im Muskel vorhandene Flüssigkeit noch freie Materialien enthalten, welche den Stoffumtausch mit den eigentlichen Verkürzungsgebilden unterhalten können. Die Zeit, innerhalb deren die Muskeln die Aufhebung der Circulation ohne den gänzlichen Verlust ihrer Reizbarkeit ertragen können, ist auch für dieselbe Thierspecies sehr verschieden, wie wir unten bei Besprechung der Todtenstarre näher erörtern werden.

Ein Muskel, der durch Entziehung des Blutumlaufes seine Erregbarkeit verloren hat, kann in den ersten Stunden, wenn noch keine Zersetzung eingetreten, durch dauernde Injection von Blut in seine Gefässe neu belebt werden. (*Kay*, *Brown-Sequard* und *Stannius.*)

Die motorischen Nerven leiden noch viel rascher durch die Entziehung der Circulation als die Muskeln selbst. Daher geht die Fähigkeit der Muskeln, zu zucken und durch den galvanischen Reiz erregt zu wer-

den bei weitem früher verloren, als die Möglichkeit der idiomuskulären Contraction durch directe Muskelreize.

Hatte ich einem Kaninchen alle Gefässe für die unteren Extremitäten so lange unterbunden, bis alle Reizempfänglichkeit der Muskeln geschwunden war, und öffnete ich jetzt die um die Bauchaorta gelegte Ligatur, so erholten sich die Muskeln früher als die Muskelnerven, und die idiomuskuläre Contraction erschien vor der Zuckung.

Auch das Absterben der Muskeln nach dem auf gewöhnliche Weise erfolgten Tode des Thieres beruht nur auf der Aufhebung der Circulation. Daher konnte *Brown Sequard* die erschlafften Muskeln eines Enthaupteten durch Einspritzung von Blut neu beleben, und ich konnte sogar Muskeln, die nach einer Vergiftung mit Rhodankalium ganz reizlos waren, durch anhaltende Injection unvergifteten Blutes wieder herstellen und auch den Nerven ihre Reizbarkeit zurückgeben, die sie nicht nur in Folge des Todes, sondern auch direct durch das Gift verloren hatten. Der Stoffwechsel musste also wieder eingeleitet und das Gift ausgewaschen worden sein.

Die Unterbrechung der Blutcirculation hat dieselben Folgen, wenn mit ihr eine Ueberfüllung an venösem Blute verbunden ist, aber diese Folgen treten dann langsamer ein, als wenn die Entleerung der Venen nicht behindert war.

Wird der Blutlauf in einem Theile gehemmt, so besteht die *erste* Wirkung auf die motorischen Nerven sehr oft in einer eigenthümlichen Erregung, welche Zuckungen oder krampfhafte Bewegungen hervorbringt, die man früher oft fälschlich dem „Reiz der Luft" zugeschrieben. Hierüber Näheres in der Nervenphysiologie.

Die Muskeln bedürfen ferner eines gewissen Grades von *Durchfeuchtung*. Die endosmotischen Processe, welche den Stoffwechsel in den Muskeln begleiten, bedingen vermuthlich die speciell noch nicht bekannten Gränzen, in welchen die für die Erhaltung der Reizbarkeit erforderliche Tränkung der Muskeln mit Flüssigkeit eingeschlossen ist. Eine Verminderung dieser Durchtränkung schadet sehr bald, daher freiliegende Muskeln, die nicht in einem mit Wasserdunst gesättigten Raume aufbewahrt werden, sehr bald ihre Erregbarkeit verlieren und sie dann in der ersten Zeit durch Befeuchtung wieder gewinnen können. Es erklärt sich wahrscheinlich hieraus, weshalb die oberflächlich gelagerten Muskeln nach dem Tode früher reizlos werden, als die tief gelagerten. Ich sah diesen Unterschied selbst dann noch hervortreten, wenn die Haut vollständig erhalten war. Diese Versuche wurden, um den Einfluss der Erkaltung zu vermeiden, zum grossen Theil in einem Raume angestellt, dessen Temperatur die des Thieres übertraf.

Ein Uebermass der Durchfeuchtung schadet viel langsamer. Die umgebende Flüssigkeit wirkt hier um so schädlicher, je mehr ihre Concentration von derjenigen der im Muskel enthaltenen Flüssigkeit abweicht, so dass alle bisher von mir in dieser Beziehung angestellten Versuche mit dem Verdachte behaftet sind, dass hier die Auswaschung des Muskels viel zu seiner Ertödtung beigetragen. Indessen gelang es mir bei Fröschen einige Male Muskeln die nach Einspritzung von Wasser in die Arterien endlich reizlos geworden, durch concentrirte Salzlösungen, die dem Muskel Wasser entzogen, wieder reizbar zu machen. (Ueber die Wirkung der Durchtränkung auf die Nerven später).

Auch eine gewisse *Temperatur* ist für die Erhaltung der Zuckungsfähigkeit und der Reizbarkeit nöthig, dieselbe schwankt aber für den Froschmuskel in ziemlich weiten Gränzen, die noch nicht näher festgestellt sind. Kälte, welche die Zuckungsfähigkeit förmlich suspendirt, kann, ohne Benachtheiligung der späteren Restitution, nach meinen Er-

fahrungen bei weitem länger ertragen werden, als Wärme die denselben Effect erregt.

Eigenthümlich ist das Verhältniss der Muskelerregbarkeit zu den den Muskel umgebenden Gasen und insbesondere zum Sauerstoff, welches durch die Versuche von *Humboldt* und *G. Liebig* ermittelt ist. Ein Muskel in einer Atmosphäre von Sauerstoff aufgehängt, gibt bei weitem *kräftigere Zuckungen* und bleibt viel *länger* zuckungsfähig als ein Muskel unter denselben Verhältnissen in atmosphärischer Luft. In dieser letzteren jedoch erhalten sich die Muskelzuckungen bedeutend länger als in manchen anderen sauerstofffreien Gasen. Die bisherigen Versuche konnten in dieser Beziehung nur die neuromuskuläre Bewegung in Betracht ziehen, und sie müssen uns sehr begierig darauf machen, ob sich die eigene von den Nerven unabhängige Muskelbewegung in dieser Hinsicht ähnlich verhalte. So lange dies nicht ermittelt ist, bleibt es zweifelhaft, ob die günstige Wirkung des Sauerstoffs dem Nerven oder dem Muskel zu Gute kommt. Nimmt man das letztere an, so wird, nach den neuen Untersuchungen von *Valentin* über den Gasaustausch bei lebenden und todten Muskeln (Siehe oben die Aufzählung der Resultate) die Erklärung höchst schwierig. Das frühere Aufhören der Zuckungen in atmosphärischer Luft gegenüber dem Sauerstoff darf nämlich jetzt nicht mehr wie früher durch eine Beeinträchtigung der Muskelrespiration erklärt werden, seitdem wir wissen, dass diese Respiration im reizbaren Muskel weniger bedeutend ist, als im abgestorbenen. Mangel an Sauerstoff zur Befriedigung des Respirationsbedürfnisses ist das Absterben in der atmosphärischen Luft sicher nicht. Also ist die längere Erhaltung der Zuckung im Sauerstoff von etwas Anderem herzuleiten, als von befriedigtem Athembedürfniss. Der Sauerstoff muss hier in eigenthümlicher Weise wirken. Es wäre daher möglich, dass die Nerven, welche im Leben ein grösseres Sauerstoffquantum als der Muskel zu bedürfen scheinen, und die auch bei Mangel an hellrothem erneutem Blute früher als dieser absterben, die angeführten Erscheinungen vermittelten.

Eine andere Bedingung für die Dauer der lebendigen Thätigkeit der Muskeln ist der Wechsel zwischen Thätigkeit und Ruhe. Dauernde Ruhe führt nach *längerer* Zeit Störungen in der regelrechten Ernährung der Muskeln herbei. Die Muskeln werden blass, magern ab und verfallen endlich der fettigen Entartung, wie dies in der Lehre von der Ernährung weiter geschildert werden wird.

Dauernde Zusammenziehung ist noch weniger möglich. Wir haben gesehen, dass jeder Muskel, welcher einem anhaltenden Nervenreize unterworfen worden, nur eine verschwindend kurze Zeit auf dem Maximum der Verkürzung bleibt und sich dann langsam wieder verlängert, so dass der fortdauernde Reiz endlich seine Wirkung verliert. Auch Muskeln, die oft hintereinander in discontinuirliche Zuckungen versetzt worden, geben immer schwächere und schwächere Ausschläge, bis ihre Zuckungsfähigkeit, wenigstens für den angewendeten Reiz, erschöpft wird, um nach einiger Ruhe zurückzukehren. Es ist noch nicht ermittelt, wie sich die idiomuskuläre Zusammenziehung gegen häufig wiederkehrende gleich bleibende Reize verhält. Thatsache ist 1) dass Muskeln, welche durch auf ihre *Substanz* angewendete aber nur auf die Nerven wirkende Reize in dem Grade erschöpft sind, dass sie alle Verkürzungsfähigkeit verloren zu haben scheinen, noch auf chemische oder mechanische Reizung keine Zuckung aber die heftigste idiomuskuläre Contraction zeigen; 2) die idiomuskuläre Contraction kann in allen Muskeln viel andauernder und viel öfter hintereinander in anscheinend gleicher Stärke hervorgerufen wer-

den als die neuromuskuläre. Bekannt ist die Zähigkeit mit der z. B. eine durch directen Reiz verengerte Darmstelle oft ihre Contraction festhält, aber dasselbe gilt auch von allen anderen Muskeln. Diese Zähigkeit scheint zu wachsen mit der (bis zu einem gewissen Grade) sinkenden Temperatur. Wenn im lebenden Thier endlich der oft gereizte Muskel sich nicht mehr idiomuskulär contrahirt, so ist dies *wahrscheinlich* eine Erschöpfung durch die Thätigkeit. Der eingreifende Reiz (chemisch oder mechanisch) konnte aber auch bei der gebotenen öfteren Wiederholung hier direct eine vorübergehende Desorganisation des Muskels bewirkt haben, so dass jeder Schluss vorläufig unsicher ist.

Da, wie man sieht, der Muskel nach dem auch noch so lange fortgesetzten Tetanisiren noch einen nicht unbedeutenden, auf andere Weise sich äussernden Vorrath an Leistungsfähigkeit besitzt, so darf die Erschöpfung nach Nervenreizen nicht so gedeutet werden, dass die während des Tetanisirens auftretenden chemischen Veränderungen im Innern des Muskels endlich einen Grad erreicht hätten, der mit seinem contrahirten Zustand unverträglich wäre. Es ist vielmehr wahrscheinlich, dass alle bis jetzt genauer beobachteten Erschöpfungszustände eher auf Rechnung des Nerven als des Muskels kommen. Die speciellere Darstellung der Ermüdung motorischer Nerven und die dabei vorkommenden Erscheinungen in der Nervenlehre.

Den *Zusammenhang mit den Nervencentren* hat man ebenfalls als eine Lebensbedingung der Muskeln betrachtet. Man hat behauptet, dass der Durchschneidung der Nerven nach einiger Zeit Mangel an Erregbarkeit der nicht mehr innervirten Muskeln folgt. Dies ist ein Irrthum und wir werden später sehen, dass solche Muskeln nicht nur jahrelang erregbar bleiben, sondern oft, gerade in Folge der Nerventrennung, in anhaltende Wechselzuckungen gesetzt werden.

Bei mehreren Vögeln (nicht aber bei Säugethieren und Amphibien) habe ich beobachtet, dass die Muskeln 5—6 Tage nach der Abtrennung ihrer Nerven sehr an Ausdehnbarkeit verlieren und unnachgiebiger werden. Gelähmte Glieder gerathen dadurch in eine Art von Starre, bei der indessen die Empfänglichkeit der Muskeln für den electrischen Strom nicht aufgehoben ist. Diese Starre wächst bis in die zweite Woche und kann sogar später noch zunehmen. Sie findet sich an den Muskeln der vorderen wie der hinteren Extremitäten und wird an letzteren auch sehr stark nach Zerstörung des hinteren Theiles des Rückenmarks beobachtet. Vielleicht ist dies dieselbe Erscheinung, die schon *Brown Sequard* (*Experimental researches pag 104*) als zunehmende Contractur nach Zerstörung des Rückenmarks gedeutet hat. Es ist aber keine *Contractur,* denn die Muskeln behalten jede Stellung, die man ihnen vor der Starre dauernd aufgedrungen hat, (z. B. durch Heraufbinden des Unterschenkels) und die Erscheinung ist nicht der Zerstörung des *Rückenmarks* eigenthümlich.

Die vorhin angedeutete Möglichkeit einer eigenthümlichen die Muskelzuckung begünstigenden Wirkung überschüssigen (den Respirationsbedarf übertreffenden) Sauerstoffes führt uns zu der Frage, ob es nicht erfahrungsgemäss Stoffe gebe, die auf den Muskel angewendet, ohne zu reizen und direct Zusammenziehung hervorzurufen, die Energie der auf andere Weise angeregten Thätigkeit vermehren. Die ältere Physiologie hat sich schon mit dieser Frage beschäftigt, aber man ist bis jetzt noch nicht zu definitiven und begründeten Thatsachen in dieser Hinsicht gelangt.

E. Todtenstarre.

Muskeln, die eine Zeit lang der Blutcirculation beraubt waren, verfallen, während die Nervenreizbarkeit schon ganz erloschen ist und während noch die Fähigkeit der idiomuskulären Zusammenziehung mehr oder weniger geschwächt fortbesteht, in einen eigenthümlichen Zustand, der seiner *äusseren* Erscheinung nach viele Aehnlichkeit mit einer tetani-

schen Starre des ganzen Muskelsystemes hat. Diese Todtenstarre charakterisirt sich durch folgende Merkmale.

Die Muskeln, die im Anfange nach dem Aufhören der Circulation erschlafft waren, ziehen sich schwach zusammen. Dies ist besonders deutlich bei der Todtenstarre röhrenförmiger Muskeln und vorzüglich des Herzens, wo es leicht ist, den Druck zu messen, mit dem die Verengerung der Höhlen das Blut austreibt. Die freien Scelettmuskeln verkürzen sich so unbeträchtlich, dass ihre Verkürzung nur hervortritt, wenn sie vorher in einem gewissen Grade der Spannung sich befanden. Bei möglichst gebeugten Gliedmaassen bemerkt man nur die Todtenstarre an den Streckmuskeln. *(Krause.)* Es scheint dies daher zu rühren, dass hier die schwache Verkürzung sich darauf beschränkt, die Winkel zu vergrössern, welche die Zickzackbiegungen der Muskeln bilden. Thatsache ist, dass auch ganz erschlaffte Muskeln eine Verkürzung eingehen, welche sich durch die Schwierigkeit offenbart, sie auf ihre normale Länge auszudehnen.

Die todtenstarre Muskel ist, wie *E. Weber* gefunden, weniger ausdehnbar als der lebendige. Ist er aber einmal ausgedehnt worden, so zeigt er, (dies gilt wenigstens für die späteren Stadien der Todtenstarre) eine viel geringere Neigung zu seiner früheren Form zurückzukehren.

Die Cohäsion des todtenstarren Muskels soll nach *Busch* (vermuthlich zu Anfang der Todtenstarre untersucht) vermehrt sein? Später ist sie vermindert *(Valentin)*.

Der todtenstarre Muskel zeigt die normalen electrischen Gegensätze des Muskels sehr vermindert, ja oft ganz umgekehrt. Im späteren Zeitraum der Todtenstarre bei schon beginnender Fäulniss kann der Muskel stromlos werden.

Wird ein todtenstarres Glied kräftig aber vorsichtig in allen seinen Gelenken hin- und hergebogen, so ist die Starre verschwunden. Solche passive Bewegungen verhindern aber nicht die erst *im Entstehen* begriffene Todtenstarre.

Starke Anregung der neuromuskulären Bewegung vor dem Tode, die den Muskel mehr zur Zersetzung geneigt macht, ohne seine Reizbarkeit vollständig erschöpfen zu können, *beschleunigt* den Eintritt der Todtenstarre. Denselben Effect haben (wie *Brown Sequard* gefunden) Erregungen der Bewegungsnerven nach dem Tode.

Die Todtenstarre setzt *stets* den Tod des Nerven *voraus*, aber der Tod des Nerven ist nicht eine der *Bedingungen* ihres Eintritts. Sie tritt in gelähmten Muskeln *nur dann* später ein und dauert länger, wenn dem Tod heftige Krämpfe vorhergingen. Vielleicht waren es solche Fälle, die die Behauptung erzeugten, dass der Nerv Einfluss auf die Todtenstarre habe. Die Ansicht, dass es eine Todtenstarre gebe, bei der der Nerv noch erregbar bleibt, beruht auf einer Verwechselung der eigentlichen Todtenstarre mit idiomuskulären chemisch erregten Contractionszuständen des Muskelsystems.

Der Todtenstarre geht *nie*, wie man behauptet hat, ein Zustand vorher, in dem bereits alle Reizempfänglichkeit der Muskeln geschwunden ist. Im Gegentheil ist wahrscheinlich, dass ein gewisser Grad von erhaltener Reizbarkeit mit eine Bedingung ihres Eintritts bilde. Wenn nämlich vor dem Tode die Reizbarkeit der Gesammtmuskulatur durch lange und dauernde Reizung angeregt und endlich fast vernichtet worden ist, so tritt entweder keine Todtenstarre oder nur eine leise Spur derselben ein. Dies ist der Fall, wenn man durch anhaltendes Klopfen der Muskeln oder durch nachhaltige in die Adern injicirte chemische Reize, die idiomus-

kuläre Reizbarkeit erschöpft hat. Diese Versuche aber unterliegen demselben Verdacht, wie die über Erschöpfung der *Muskel*kraft im Allgemeinen. Es kann nämlich der Einwurf nicht widerlegt werden, dass der stark eingreifende Reiz den Muskel selbst zerstört habe. Der galvanische Reiz ist hier natürlich nicht anzuwenden.

Die Todtenstarre erscheint im Allgemeinen sehr rasch bei den Vögeln und den kleinen Säugethieren, langsamer bei grösseren Säugethieren und am langsamsten bei den Fröschen, wo sie auch am wenigsten stark ausgesprochen ist. Beim Menschen wechselt nach *Nysten* die Zeit ihres Eintritts zwischen 10 Minuten und 18 Stunden, indess kommen einzelne Fälle vor, wo bei Kranken 3 bis 4 Minuten nach dem letzten Athemzug die Todtenstarre der Kaumuskeln beginnt.

Die Todtenstarre fängt beim Menschen stets an den Kaumuskeln an, ergreift dann die Muskeln des Kopfes und des Halses, von diesen aus steigt sie nach *Sommer* allmählich zu den Füssen herab. Sie hört in derselben Reihenfolge auf. Die Todtenstarre der inneren Organe des Darmes, des Herzens scheint im Allgemeinen nach *Krause (De rigore mortis. Dorpat 1853.)* etwas rascher als die der freien Scelettmuskeln zu beginnen. *Krause* stellte seine Versuche an Katzen an. Bei anderen Thieren fand ich häufige Ausnahmen von dieser Regel, und auch bei einer Katze ist mir ein Fall bekannt, wo das Herz noch schlug, als die Todtenstarre der Rumpfmuskeln schon begonnen hatte.

Die Starre tritt sehr bald nach dem Tode ein bei durch vorhergegangene lange Krankheiten sehr geschwächten Individuen oder solchen, bei denen die Ernährung der Muskeln gelitten hat. Spät erscheint sie hingegen bei kräftigen Individuen, wo die Zuckungsfähigkeit und Reizbarkeit der Muskeln lange (erstere bis zu 8 Stunden nach dem Tode) anhält. Je rascher die Todtenstarre eintritt, um so kürzer ist gewöhnlich ihre Dauer. Sie kann dann nach einer Viertelstunde wieder verschwunden sein. Kommt die Todtenstarre spät, so kann sie lange (bis zu einer Woche) anhalten. Die Leichen der mit Strychnin vergifteten Thiere machen von dieser Regel nach *Bruecke* eine Ausnahme. Hier beginnt die Starre sehr rasch und hält sehr lange an.

Hat man bei lebenden Kaninchen die Todtenstarre der hinteren Extremitäten durch Unterbindung der Arterien hervorgerufen und stellt dann den Kreislauf durch Lösung der Ligaturen wieder her, so braucht es nach *Stannius* 20 Minuten bis 2 Stunden zur Wiederherstellung der Reizbarkeit.

Die nach dem Tode eintretende Starre lässt sehr bald alle bei ihrem Eintritt noch bestehende Muskelreizbarkeit dahinschwinden, und es tritt dann mehr oder weniger schnell Fäulniss des Muskels ein, welche nach dem Aufhören der Starre um so rascher fortschreitet. Es ist aber nicht ganz richtig, zu behaupten, dass die Starre nach dem Tode immer nur von der Fäulniss gelöst werde, denn ich sah sie auch bei Thieren aufhören, die ich in sogenannter filtrirter Luft bewahrt hatte.

Es fehlte uns bisher an einer zureichenden Erkenntniss der Veranlassung und der Natur der Todtenstarre. Die Ansicht, dass sie auf der Gerinnung flüssigen Faserstoffes entweder im Blute oder in der Substanz der Muskeln beruhe, ist dadurch widerlegt, dass eine Wiederherstellung der Blutcirculation die Todtenstarre in kurzer Zeit zu heben vermag. Geronnener Faserstoff würde sich in dieser Zeit nicht verflüssigen. Gegen die Ansicht, dass der gerinnende Faserstoff dem Blute angehöre, sprechen ausserdem noch viele andere schlagende Beweise.

Schon die Alten haben die Todtenstarre oft als die letzte vitale Aeusserung, als die letzte Contractionserscheinung der Muskeln betrachtet. Diese Ansicht konnte vor einer nur einigermaassen ernsten Prüfung nicht bestehen, so lange

man nur die durch Nervenreizung erregte Contraction zum Vergleichungspunkt hatte. Mit derjenigen Zusammenziehung des Muskels aber, welche nach dem Eintauchen in Kalilösung, oder mechanischer Reizung der Muskelsubstanz entsteht, hat die Todtenstarre eine sehr grosse Aehnlichkeit, wenigstens besteht eine solche im Anfang, während des Entstehens der Starre, und unmittelbar darauf, ehe noch die hinzutretende Fäulniss die Erscheinungen verändert. Es wäre nicht unmöglich, dass die beginnende Zersetzung im Muskel eine Substanz entwickelte, welche als Reiz nach Art der directen Muskelreize wirkend, eine starre Zusammenziehung hervorbrächte. Die Muskelflüssigkeit während der Todtenstarre erleidet Veränderungen, die wir noch nicht genügend kennen. Ein Versuch, den ich vor längerer Zeit anstellte, kann darauf hindeuten, dass diese Flüssigkeit selbst erregende Eigenschaften erlangen oder besitzen kann. Einem Kaninchen habe ich durch Unterbindung der Venen und Arterien der Hinterbeine letztere in Starre versetzt. Die Venen wurden mit in die Ligatur gefasst, um die starren Gewebe reicher an exsudirtem Serum zu machen. Es wurden aus den todtenstarren Schenkeln die Muskeln abgeschnitten und ausgepresst. Einer jungen Kröte, der die Lumbarportion des Rückenmarks zerstört worden war, wurde nun die Haut der gefühllosen Hinterfüsse abgezogen und die Füsse mit ihren entblössten Muskeln in jene ausgepresste Flüssigkeit eingetaucht, welche gerade zur Bedeckung der Oberfläche genügte. Nach wenigen Sekunden entstand ein Wogen einzelner Muskelbündel der Krötenfüsse, das sich immer mehr ausbreitete, so dass endlich eine allgemeine wie flimmernde Unruhe der Muskeln entstand, die immer mehr mit der aus den starren Muskeln ausgepressten Flüssigkeit benetzt wurden. Nach 4 bis 5 Minuten waren die Krötenfüsse steif und starr. Die Kröte wurde nun herausgenommen und nach $1\frac{1}{4}$ Stunde fand ich die Muskeln wieder weich, biegsam und reizbar. Um etwas aus diesen Versuchen schliessen zu können, müsste zuerst bewiesen werden, dass der normale Muskel keine Flüssigkeit einschliesst, die reizend auf die Muskelsubstanz der Thiere wirken kann und dass bei der *Entstehung* der Todtenstarre beständig eine solche Flüssigkeit erzeugt wird. Auf der anderen Seite wäre dann zu untersuchen, ob diejenigen Eigenschaften, durch die der todtenstarre Muskel sich vom neuromuskulär zusammengezogenen unterscheidet, alle vom Anfang der Starre an vorhanden sind, oder zum Theil der beginnenden Fäulniss mit angehören; und ob die durch bekannte chemische Reizmittel contrahirten Muskeln in den von der Fäulniss nicht abhängigen Eigenschaften mit denjenigen übereinstimmen, die sich im Beginne der Todtenstarre befinden. Am meisten kämen hier die Elasticitätsverhältnisse in Betracht.

Die hier niedergelegten Ansichten haben sich in einer späteren grösseren Versuchsreihe bestätigt und, durch neue Thatsachen gestützt, zu einer, wie mir scheint, genügenden Theorie der Todtenstarre erweitert. Die Muskeln gehen gleich nach dem Aufhören der Circulation und während ihre Reizbarkeit fortbesteht eine chemische Umsetzung ein, die nach einiger Zeit eine den noch reizbaren Muskel durchdringende reizende Flüssigkeit liefert, welche den Muskel veranlasst, sich schwach idiomuskulär zusammenzuziehen und so die Todtenstarre herstellt.

Bei den Muskeln derjenigen Thiere, deren Muskelsaft im Leben neutral oder schwach sauer reagirt, bildet sich im Muskel eine bis zur Todtenstarre zunehmende Menge freier Säure aus. Vermuthlich ist dies die Folge einer sauren Gährung, welche saure phosphorsaure Salze bildet, indem sie den neutralen einen Theil der Base entzieht. Zeigt doch auch der Harn vor der alkalischen eine saure Gährung.

Diese veränderte Muskelflüssigkeit auf sehr dünne Muskeln anderer Thiere gebracht, welche sie schnell durchdringen kann, macht diese *augenblicklich starr*, auf dickeren Muskeln erregt sie die bekannten Zuckungen, die von dem allmählichen Ergriffenwerden einzelner Bündel durch eine reizende Flüssigkeit herrühren.

Die Flüssigkeit von Muskeln, deren Saft im Leben (wenn die Muskeln bluthaltig sind) schwach alkalisch reagirt, wird nach dem natürlichen Tode ohne Verblutung noch stärker alkalisch und reizt ebenfalls

die Muskeln nach Art der Alkalien zur idiomuskulären Contraction. Dies ist der Fall bei Kaninchen und Meerschweinchen.

Hat man aber bei diesen Thieren im Leben Todtenstarre eines Hinterfusses durch Unterbindung aller Arterien erzeugt, so entsteht in dem der Starre verfallenden Gliede eine stark *saure* Flüssigkeit, während die anderen Muskeln im Leben normal bleiben. Die Säure verschwindet und mit ihr die reizenden Eigenschaften des Muskelsaftes, wenn man durch Eröffnung der Arterien die Todtenstarre wieder aufhebt. Stirbt aber das Thier während der Starre, so sind die vor dem Tode starr gewordenen Glieder noch mehrere (bis zu 6) Tage sauer, während die nach dem Tode starr gewordenen alkalisch sind. Es ist möglich, dass hier das alkalische Blutwasser die Differenz bedingt, aber die Säure blieb nicht aus, wenn ich im Leben unmittelbar vor den Arterien die Venen unterbunden hatte, so dass wenigstens das Glied im Ganzen weniger blutarm wurde.

Man sieht also, dass die Todtenstarre, die im Leben nach Unterbindung der Arterien eintritt, sich nicht in ihrem Wesen, aber in der Art des Erregungsmittels von der gewöhnlichen *bei diesen Thieren* unterscheidet.

Auch bei Thieren mit saurer Muskelflüssigkeit konnte ich im Leben, durch künstliche Erregung der Starre an einem einzelnen Gliede, die Flüssigkeit in den starren und normalen Muskeln vergleichen und die Zunahme der Säure in der reizend wirkenden Flüssigkeit der ersteren bestätigen. Die oberflächlich gelegenen Muskeln, die sich leichter zersetzen, Leichen, die durch Krankheit mehr zur Zersetzung geneigt sind, müssen daher die Starre nothwendig früher darbieten. Noch mehr aber muss dies bei Muskeln der Fall sein, die sich vor dem Tode sehr stark bewegt haben, wenn starke Bewegung nach *Du Bois* ebenfalls eine schwach saure Reaction der Froschmuskeln bewirkt. Wir haben hier eine Aehnlichkeit zwischen sehr stark bewegten und nach dem Tode sich umsetzenden Muskeln, die an die oben beschriebene Aehnlichkeit im Gaswechsel erinnert, und wahrscheinlich mit ihr im Zusammenhang steht.

Die Todtenstarre wäre hiernach allerdings der letzte vitale Act der Muskeln, aber ein vitaler Act, angeregt durch den ersten Anfang der fauligen Zersetzung [1]).

F. Physiologische Verwerthung der Muskeln.

Die Muskeln setzen sich entweder an feste Theile an, oder sie umgeben, theils kreisförmig in sich zurücklaufend, theils spiralig gewunden, mit anderen ähnlichen Muskeln verbunden, innere Hohlräume, oder sie laufen der Länge nach in der Wand von Canälen.

Die Muskeln, welche sich an feste Theile ansetzen, sind meistens durch *Sehnen* mit denselben verbunden. Man schreibt dieser Art der Verbindung eine Reihe von mechanischen Vortheilen zu, wie die grössere Concentration der Ansatzflächen umfangreicher Muskelmassen und Fixirung der Ansätze auf einzelne besonders vortheilhaft gelegene Punkte eines Knochens, diese können aber dadurch für die Einwirkung des Muskels besonders vortheilhaft sein, dass sie entweder auf Vorsprüngen der Knochen liegen, welche mehr oder weniger rechtwinklig auf die Achse des

[1]) Es hat sich bei diesen Versuchen noch gelegentlich herausgestellt 1) dass die *normale* Muskelflüssigkeit mancher Thiere in einigen Fällen für andere Thiere reizend sein kann, z. B. die Flüssigkeit eines Pferdemuskels für Frösche. 2) Dass die Muskeln im Beginn der Todtenstarre und bei der idiomuskulären Contraction eine negative Schwankung ihres electrischen Stromes und eine *Zunahme* ihres Elasticitätscoëfficienten zeigen. 3) Dass auch an der Luft ein Brei von normalen Muskeln in saure Gährung geräth.

Knochens gestellt, demselben die Vortheile eines winkligen Hebels verleihen, wie z. B. die Trochanter des Oberschenkels. Oder eine beschränkte Stelle des Knochens wird dadurch wichtig, dass sie unmittelbar hinter dem angeschwollenen Gelenkkopf gleichsam wie in einer Vertiefung liegt. Eine Sehne, die an den dicken Gelenkkopf angeschmiegt, sich unmittelbar hinter ihm festsetzt, muss unter einem viel grösseren Winkel auf den Knochen treffen, als wenn sie erst eine Strecke weit neben dem Knochen verlaufen wäre. Ein grösserer Ansatzwinkel der Sehne bedingt aber zur Herstellung einer Rotation im Gelenk einen viel geringeren Kraftaufwand. Daher setzen sich auch die meisten Extremitätenmuskeln unmittelbar hinter den verdickten Enden der zu bewegenden Knochen fest und nicht, wie es auf den ersten Anblick zweckmässiger geschienen hätte, hinter der Mitte der Knochen.

Durch die Einschaltung der Sehnen wird es möglich, die Muskelmassen mancher Theile, die eine zwar kräftige Bewegung aber eine schlanke Gestalt erfordern, an entfernte Orte zu verlegen, wie dies z. B. an den Fingern und Zehen hervortritt.

Die Sehnen besitzen durchaus keine Contractilität. Einige Beobachtungen, aus denen man in neuester Zeit das Gegentheil schliessen wollte, bieten nicht einmal den Schein eines Beweises.

Die Muskeln, welche sich an feste Theile setzen, sollen durch *Zug* wirken und man hat die Fragen gestellt 1) welche Kraft der durch die Zusammenziehung entwickelte Zug des Muskels nach aussen übertragen kann; 2) mit welcher Kraft überhaupt ein sich contrahirender Muskel thätig ist.

Versteht man unter der *Kraft* des Muskels die Angabe des gesammten Nutzeffectes seiner Arbeitsleistung, so hängt diese ab von der *Zeit*, wie lange er ein bestimmtes *Gewicht* auf einer bestimmten *Höhe* tragen kann. Nun wissen wir, dass *alle* Muskeln nach einer sehr geringen Dauer ihrer Thätigkeit an Kraft so bedeutend abnehmen, dass letztere bald gleich Null wird. Es fehlt uns ferner an Anhaltspunkten, die verschiedenen stets sehr kurzen Zeiträume, nach denen diese Ermüdung bei verschiedenen Muskeln eintritt, mit einander zu vergleichen, so dass wir bei Vergleichung der „Kraft" der Muskeln den Factor der *Zeit* ganz ausser Augen lassen müssen. Es bleibt uns also als Ausdruck des Nutzeffectes der Muskelthätigkeit das Product aus dem *Gewichte* in die *Hubhöhe*.

Der Muskel kann in jedem Momente seiner Verkürzung ein Gewicht tragen, das ihn nicht mehr verlängert als ihn das gerade vorhandene Contractionsbestreben verkürzt, oder zu verkürzen sucht. Je weniger aber der Muskel zusammengezogen ist, um einen so geringeren Bruchtheil seiner Länge wird er nach *Weber* durch Gewichte ausgedehnt. Das Maximum des Gewichtes, welches der Muskel überhaupt bewegen kann, wird er nur demnach beim ersten *Anfang seiner Verkürzung* während des Minimums seiner Dehnbarkeit bewegen, aber zu keiner merklichen Höhe heben können.

Dieses Maximum des Gewichtes, dem die Muskelkraft im Beginne der Verkürzung das Gleichgewicht halten kann, wird natürlich wachsen mit der Zahl der Muskelfasern oder, wie man sich etwas willkürlich ausdrückt, mit dem *Querschnitt des Muskels*. Die *Länge* der Muskelfasern, welche die Hubhöhe bedingt, kommt hier gar nicht in Betracht, da letztere hier annähernd verschwindet. Mit ihr wird aber auch der mechanische Effect das Product des Gewichtes und der Hubhöhe gleich Null. Die Hubhöhe wird aber steigen mit Abnahme des Gewichtes und das Product beider muss ebenfalls mit der Abnahme des Gewichtes wegen

zunehmender Hubhöhe *steigen*, so lange bis die Abnahme des Gewichtes so gross wird, dass sie durch das Steigen der Hubhöhe nicht mehr aufgewogen werden kann. Eine mittlere Belastung gibt also den grössten mechanischen Effect.

Da die Hubhöhe der Länge der Muskelfasern, das Gewicht der Zahl derselben entspricht, so verhält sich der mechanische Nutzeffect des Muskels annähernd wie das Product der Muskellänge mit dem Muskelquerschnitt.

E. Weber hat auch die Frage nach der Kraft der Muskeln so gestellt, zu bestimmen, welches Gewicht genüge, um den im Maximum der Thätigkeit befindlichen Muskel auf seiner ursprünglichen Länge genau festzuhalten. Man sieht, dass auch in diesem Sinne die Menge der Muskelfasern allein das Bestimmende und die Länge ohne Einfluss ist. Man kann diese Frage nach einer von *Weber* (Handwörterbuch der Physiologie III. A. pag. 86.) angewendeten Methode annäherungsweise für Gastrocnemius des Menschen beantworten und kommt dabei zu dem Resultat, dass ein Quadratcentimeter des Gastrocnemius etwa 1,080 Kilogr. Last das Gleichgewicht halten kann. Berechnet man dasselbe, aber nach einer verschiedenen Methode, für den Hyoglossus des todten Frosches, so gelangt man zu etwa $1/3$ kleineren Zahlen.

Wäre man auch im Stande, genau die Zuggrösse zu bestimmen, die ein Muskel in jedem Momente auf seinen Ansatzpunkt ausübt, würde man ferner die *Richtung* des Muskelzuges genau kennen, so würde sich der Beitrag eines jeden Muskels zu den Kraftäusserungen des gesammten Körpers erst dann berechnen lassen, wenn wir eine genaue Kenntniss der bewegten knöchernen Hebel, ihrer Stützpunkte, Angriffspunkte u. s. w. besässen, und wenn wir die im Körper selbst liegenden Hemmungen der Kraftäusserung berücksichtigten.

Noch bei weitem unnahbarer als alle diese Fragen ist die nach der Kraft, die im Muskel selbst bei der Zusammenziehung thätig ist. Wir messen bloss die Kraft, die der Muskel auf einen äusseren Körper übertragen kann, nicht aber diejenige, mit welcher er die seiner Contraction entgegenstehenden *inneren* Widerstände besiegt.

Richtung der Muskelcontraction. Die Zugwirkung der Muskeln wird stets den beweglicheren Arm des Doppelhebels, an den er sich inserirt, von der Stelle rücken. Da im Allgemeinen sehr selten der Fall vorkommen dürfte, dass beide Knochen, die der Muskel verbindet, gleich beweglich sind und für den Muskel gleich günstige Angriffspunkte darbieten, so wird in der Regel die Wirkung des Muskels sich auf die Bewegung des einen der beiden Knochen beschränken, und die Fälle, wo ein Muskel selbst bei willkürlicher Fixation des Knochens, an den er sich „ansetzt", den anderen Knochen bewegen kann, von dem er „entspringt", sind viel seltener, als gewöhnlich angegeben wird.

Dennoch gibt es Muskeln, welche in gewissen Fällen eine solche doppelte oder verkehrte Wirkung äussern (vergl. hierüber *Führer*. Beiträge zur chirurgischen Myologie, pag. 9) und es gibt einige, bei denen eine solche Umkehrung der Wirkung bei den gewöhnlichsten Bewegungen regelmässig in Anspruch genommen wird.

So hebt der Psoas den Schenkel und er beugt die Wirbelsäule nach vorn, so beugen wir beim Niedersetzen den Oberschenkel mit denselben Muskeln nach unten, mit denen wir im Stehen den Unterschenkel zurückbeugen.

Es wurde gewöhnlich bisher angenommen, dass eine solche Umkehr der Bewegung einzig und allein von der Fixation der Knochen abhänge, dass aber die *Richtung* der Zusammenziehung *im Muskel* gar nichts zu derselben beitragen könne, indem die Verkürzung der Muskelfasern nie

nach einem bestimmten Punkte hin, sondern ganz gleichmässig in der ganzen Länge der Faser geschehe.

Die Beobachtung, dass, sobald die Muskelfaser ermattet und die neuromuskuläre Contraction langsamer erfolgt, letztere evident von dem gereizten Punkte ausgeht und sich wurmförmig im Muskel verbreitet, führten uns zu der Annahme, dass derselbe Vorgang, nur viel rascher, auch die neuromuskuläre Contraction des noch kräftigen Muskels beherrsche. Ist dies so, so wäre es möglich, dass auch der Muskel je nach dem Punkte, auf den der Reiz wirkt, die *Richtung* seiner Contraction ändere. Dies wird vom Versuche bestätigt. Ein frischer Muskel eines ätherisirten oder eben getödteten Thieres, der an seinem oberen Ende gereizt wird, während seine Ansatzpunkte gleich stark fixirt werden, zieht sein unteres Ende nach oben und umgekehrt. Ich habe einen Apparat construirt, wo der frische ausgeschnittene Muskel, an beiden Enden gleich stark an zwei gleich elastischen Spiralfedern befestigt, im Momente der Reizung die untere Feder mehr dehnt, wenn er oben gereizt wird. Ein Reiz, der von der Mitte des Muskels ausgeht, zieht natürlich nach beiden Seiten gleich stark. Steckt man Nadeln flach in den langen Muskel eines Säugethieres oder beobachtet man aufliegende Gefässchen, so sieht man deutlich, dass sie *nach dem gereizten Punkte hin* verschoben werden und hat man mehrere Nadeln aufgepflanzt, so überzeugt man sich leicht, dass man hier nicht durch partielle Contractionen eines Muskelendes irre geführt worden.

Diese Richtung der Muskelcontraction kann möglicher Weise auch im lebenden Thiere *willkürlich* verändert werden und gibt so einen kleinen Beitrag zur Umkehrung der Zugwirkungen. Es könnte sein, dass die Thatsache, dass manche Muskeln nur an einer Stelle, andere an mehreren Stellen ihres Verlaufes ihre Nerven erhalten, auf diese Weise für die Herstellung der verschiedenen Ausgangspunkte der Zusammenziehung ihre physiologische Verwerthung fände.

NERVENPHYSIOLOGIE.

Alle Lebensäusserungen des Thieres sind nur hervorgerufen durch *relativ äussere* Anregungen. Eine eigentliche *Spontaneität*, als deren Substrat öfters das Nervensystem angesehen worden ist, gibt es im thierischen Körper nicht. Was zur Annahme einer solchen Spontaneität führen konnte, ist einerseits der Umstand, dass dieselbe Anregung, derselbe Reiz, von anscheinend ganz gleichartig gebauten Thieren und thierischen Theilen oft auf ganz verschiedene Weise beantwortet wird, und andererseits dass ein Reiz von sehr beschränkter Ausdehnung oft Bewegungen oder subjective Empfindungen (Vorstellungen) erzeugt in Theilen, die mit der gereizten Stelle durchaus nicht im Zusammenhang zu stehen scheinen, so dass man überhaupt die Anwesenheit eines erregenden Reizes verkannte.

Was den ersten Punkt, die verschiedene Beantwortung des gleichen Reizes, betrifft, so ist man jetzt längst darüber einig, dass sie stets von einer, unseren groben Forschungsmethoden nur häufig entgehenden, Verschiedenheit im anatomischen Zustande der den Reiz aufnehmenden, oder der ihn fortleitenden, oder der ihn direct beantwortenden Organe abhängt. Wenn z. B. ein zorniger Mensch eine Frage anders beantwortet als ein schläfriger, so ist das Gehirn, welches die vermittelnde Bahn zwischen Ohr und Sprachorgan abgibt, im Zorne sicher in einem anderen anatomischen Zustande, als während der Ermüdung.

Der zweite Punkt beruht hingegen auf dem allgemeinen Gesetze, dass bei allen Aeusserungen des sogenannten „animalen" Lebens der erregende Reiz im normalen Zustande nie den erregbaren oder zu erregenden Theil direct trifft, sondern einen *empfindenden* Theil des Thierkörpers, welcher den empfangenen Eindruck erst mittelbar auf den bewegenden überträgt. Diese Uebertragung ist eine der Functionen des *Nervensystems*, und zwar die wichtigste. Wir werden später noch eine andere kennen lernen.

Wenn wir einem schlafenden Menschen die Fusssohle schwach kitzeln, so wird er den Fuss zurückziehen. Die empfindliche Haut des Fusses hat hier ihre Reizung auf die bewegenden Nerven des Fusses übertragen. Würden immer solche einfache Erscheinungen beobachtet, hätte stets eine Reizung desselben Theiles dieselben Bewegungen zur Folge, so schiene es genügend, wenn die von der Fusssohle ausgehenden

Nerven sich unmittelbar als Bewegungsnerven in diejenigen Muskeln des Fusses begäben, welche die bezeichnete Bewegung durch ihre Zusammenziehung ausführen.

Aber der Begriff des Thieres erfordert mehr. Wären die Empfindungsnerven jeden Theiles nur unmittelbar mit dessen Bewegungsnerven verbunden, so würden sich die verschiedenen Theile zwar bewegen können, aber die verschiedenen Bewegungen wären ganz *unabhängig* von einander und ohne die unerlässlich nothwendige Harmonie. Eine regelmässig geordnete Bewegungsreihe würde nie zu Stande kommen. Die einzelnen Empfindungen würden zwar entstehen, aber sie würden nie auf ein gemeinsames Centrum bezogen, in ihrem Zusammhang und ihrer Aufeinanderfolge erkannt, die Vorstellung einer Aussenwelt bedingen, und dadurch das Ichheitsbewusstsein des Thieres erzeugen. Mehrere Eindrücke, die gleichzeitig auf ein Thier wirken, würden nie eine je nach der *Gesammtheit* dieser Eindrücke *verschiedene* Bewegung erzeugen können.

Und doch ist es anders. Jede Bewegung des Thieres ist nicht die Folge eines einzelnen Eindruckes, sondern sie ist bedingt und muss es sein durch die Summe der in einem gegebenen Momente auf das Thier wirkenden Eindrücke. Ein Hund, der erschreckt davonspringt, wenn ihm sein Herr in den Schwanz kneipt, würde jedem Anderen dieselbe Beleidigung durch Beissen vergelten.

Es muss daher ein Ort vorhanden sein, wo sich die verschiedenen gleichzeitig wirkenden Eindrücke begegnen und zu einer Summe verbinden, und diese Summe muss wieder von hier aus auf die verschiedensten Bewegungsnerven des Körpers einwirken können. Dieser Ort ist das Nervencentrum. Die Verschiedenheit der in ihm *vorgezeichneten* Bahnen bedingt es, dass, unabhängig von momentan oder durch äussere Bedingungen wechselnder Verhältnissen, die verschiedenen Thierarten sich bei denselben Veranlassungen so sehr verschieden und charakteristisch benehmen.

Insofern im Nervencentrum des Thieres seine ganze Gefühls- und Bewegungssphäre zu *einer* Einheit und zu gegenseitigem Aufeinanderwirken verbunden ist, begreift man, wie es möglich ist, dass unter gewissen Verhältnissen ein oft unbemerkter oder unberücksichtigter Eindruck sehr starke Gegenwirkungen nur in ganz entfernten Theilen auslösen kann.

Das Nervencentrum irgend eines thierischen Organes ist also nicht gerade die Stelle, an der seine Nerven zuerst gesondert hervortreten, sondern es erstreckt sich soweit, als noch Empfindungseindrücke, die irgend eine Stelle des Körpers treffen, in Bewegungsantriebe für dieses Organ verwandelt werden können. Das Centrum für eine Empfindung ist da, wo sie aufhört nur eine *isolirte* Empfindung zu sein, und mit anderen Gefühlen und Bewegungen in Wechselwirkung tritt.

Die Nervencentren der unverletzten Thiere sind also, wie man richtig bemerkt hat, Theile, die eine Vielheit bewegender Kräfte zu einer harmonirenden Einheit verbinden, aber darin irrte man, dies für eine *Definition* des Nervencentrums zu halten, und dieser Irrthum ist eine Zeit lang von schweren Folgen gewesen. Man glaubte fälschlich auch die Sache umdrehen zu dürfen, und alle Theile, die mehrere bewegende Elemente zu einer Einheit verbinden, als Nervencentra ansehen zu können. Man kam somit zu einer grossen Zahl von Nervencentren und dieselben wären noch viel vermehrt worden, wenn nicht die logische Consequenz einem glücklichen Instinkte häufig aufgeopfert worden wäre.

Jeder Nervenplexus, der direct gereizt wird, ja jeder einzelne Muskelnerv kann eine Vielheit motorischer Elemente zu einer zusammengehörigen Einheit verbinden.[1]) Das Wesentliche an der Sache ist, dass jene motorische Vielheit mittelst des Nervencentrum auf *indirectem* Wege durch sensible Eindrücke angeregt werde, und nimmt die Erregung diesen Weg, so wird sie selbst dann ein *Centrum* voraussetzen, wenn in Folge einer Verletzung oder einer Krankheit die Möglichkeit verloren gegangen ist, *mehrere* Bewegungen planmässig und geordnet anzuregen. Das Rückenmark kann, wie wir sehen werden, so weit zerstört sein, dass es nur noch auf den Muskel eines einzigen Zehengliedes zu wirken vermag, es fährt aber fort als Centrum zu wirken, wenn es auch nur *diesen* auf Hautreize anregt. Man sollte in der Physiologie nie nach *Definitionen* suchen, die, weit entfernt unsere Begriffe zu erweitern, unseren Gesichtskreis in seiner jeweiligen Beschränkung festbannen und nur zu Sophismen verführen.

Die Frage, ob es in einem Thiere mehrere Nervencentra geben könne, kann durch das eben Erörterte noch nicht entschieden werden. Wir werden sie später vor das Forum des Experimentes zu ziehen versuchen. So viel aber ist jetzt schon klar, dass, wenn alle Bewegungen sich den Verhältnissen des ganzen Thieres harmonisch anpassen sollen, mehrere von einander ganz unabhängige Nervencentra dieser Bewegungen nicht gedacht werden können. Die Centra müssen sich überall zu einer höheren Einheit verbinden. Auch ist diese Vielheit *ganz* unabhängiger Centra in neuerer Zeit nicht mehr behauptet worden.

Auch das Nervensystem der Wirbellosen zeigt eine Verbindung der Ganglien unter einander, wodurch sie gegenseitig auf einander einwirken, und eine Unterordnung aller Ganglien unter das Kopfganglion.

Das Nervencentrum, indem es die Einheit des ganzen Thieres herstellt, ist der wesentlich charakteristische Unterschied desselben von der Pflanze. Wir könnten auch einer Pflanze, wenn sie gefunden würden, Nerven zugestehen, ohne dass sie darum aufhörte, Pflanze zu sein; wo aber ein Eindruck, der auf einen Theil wirkt, nur eine Bewegung in, nach verschiedenen Umständen wechselnden, *entfernten* Theilen auslöst, ohne dass die Bewegung vom direct gereizten Theile allmählich bis dorthin fortschritte, da erkennen wir eine *thierische* Thätigkeit, und da müssen wir ein Nervencentrum annehmen, selbst wenn es sich, wie dies häufig der Fall ist, noch unserer directen Wahrnehmung entzieht.

Die Physiologie des Nervensystems unterscheidet also dreierlei Organe, deren anatomische Sonderung nur unvollständig gelingt. Wir haben 1) Nervenröhren, welche die Eindrücke zu den Centralorganen leiten; 2) die Centralorgane selbst und 3) Nervenröhren, welche die von den Centren ausgehende Veränderung auf die peripherischen Theile übertragen.

Es ist hiermit noch keineswegs gesagt, dass alle Nervenröhren, welche nur in einer Richtung hin, entweder centrifugal oder centripetal, *wirksam* sind, auch nur in *einer* Richtung hin ihre inneren Veränderungen *übertragen* können. Im Gegentheil soll erst später geprüft werden, ob nicht alle Nerven von jedem Punkte aus nach beiden Richtungen *leiten* und ob es nicht von ihren *Verbindungen* am centralen oder peripherischen Ende abhängt, welche Leitungsrichtung zufällig eine *wirksame* wird.

---

[1]) Hierin liegt gerade die oben erwähnte zweite Function des Nervensystems, die bei der Regelung mancher „vegetativen" Vorgänge in hohe bedeutungsvolle Wirksamkeit tritt.

Schon längst unterschied man zwischen sensibeln, motorischen und centralen Nervenelementen, in welchen die Leitung den Charakter der Empfindungen verliert, ohne noch rein bewegend zu sein. Unter dem Namen der sensibeln Nervenelemente begriff man alle diejenigen, welche entweder durch ihre innere Natur oder durch ihre Verbindungsweise Gefühlseindrücke dem Centrum zuleiten, indem man voraussetzte, dass sie auch alle *sensibel* seien, d. h. in Folge von Reizen Empfindung erregten. Nun habe ich aber vor mehreren Jahren gefunden, und *Brown Sequard* hat es später bestätigt, dass nicht alle Nervenelemente, welche wirklich Gefühlseindrücke dem Centrum zuleiten, auch *sensible* sind, die gereizt Empfindung verursachen. Diese gefühllosen centripetalen Fasern, welche alle *heftigen* Gefühlseindrücke durchsetzen müssen, nannte ich, im Gegensatz zu den sensibeln, *ästhesodische* Nervenelemente. Eine ähnliche Verschiedenheit herrscht unter den centrifugalen, die Bewegungseindrücke als solche aus dem Hirn zu den Muskeln leiten können, aber zum Theil ohne durch directe Reizung Bewegung zu erregen. Diese letzteren Elemente nannte ich, im Gegensatz zu den motorischen, *kinesodische*.

Hierzu kommt noch, dass, wie wir sehen werden, einige Versuchsreihen von *Ludwig* auf die freilich noch dunkle Möglichkeit hindeuten, dass einige centrifugale Nervenfasern ohne Vermittlung von Bewegungen einen Einfluss auf die Absonderungen der Drüsen haben sollen.

Sollen also die Ausdrücke „motorische“ und „sensible“ Nervenelemente in Betracht ihrer sichtbaren Wirkungen beibehalten werden, so müssen wir ihnen die „kinesodischen“ und „ästhesodischen“ Elemente an die Seite setzen.

In der folgenden Betrachtung der Nervenphysiologie werden wir nun zunächst die allen Nerven gemeinsam nachgewiesenen oder gemeinsam vorauszusetzenden Eigenschaften darstellen, dann die Unterschiede in den Eigenschaften und der Verbreitung der centrifugal und centripetal wirkenden Nerven erörtern, dann werden wir zu bestimmen suchen, wie weit sich der Einfluss der Nerven auf die einzelnen Apparate und Processe des Körpers erstreckt. Hierauf werden wir die Physiologie der Centraltheile des Nervensystems darstellen, und endlich die Thätigkeiten der einzelnen Hirnnerven aufzuzählen versuchen. Die bemerkenswerthen Eigenthümlichkeiten der Rückenmarksnerven finden schon im zweiten und dritten Abschnitt ihre Erledigung.

ERSTER ABSCHNITT.

Allgemeine Eigenschaften der Nerven.

Legt man einen Nerven bloss und reizt denselben auf directem oder indirectem Wege, so gewahrt man, während er Empfindung oder Bewegung vermittelt, durchaus *keine* sichtbare Veränderung an demselben. Der Nervenstrang liegt anscheinend ganz passiv da, so intensiv man auch das Hautstück reizen mag, in welchem er sich verbreitet, und so stark auch die Reizung durch ihn empfunden werden mag. Ebenso zeigen die motorischen Nerven nicht die geringste Zusammenziehung, während die stärksten krampfhaften Bewegungen durch sie vermittelt werden.

Die Nerven als solche sind, wie *Haller* gefunden hat, durchaus unbeweglich. Es musste daher die ältere Theorie, der der grosse Berner Physiologe früher selbst anhing, verworfen werden, dass die Nerven den Muskel erregten, indem sich seine Fasern um die Muskelbündel oder um die Gefässe der Muskeln zusammenschnürten.

Hannover, Mandl und nach ihnen mehrere andere Forscher haben bemerkt, dass die Hauptnerven der Blutegel und anderer Würmer, wenn man sie schnell aus dem Thiere herausnimmt und unter Wasser bringt, öfters (aber nicht immer) einige schlängelnde Bewegungen zeigen. *Nasse* hat (nach Privatmittheilungen) gefunden, dass diesen Nerven einzelne Muskelfasern äusserlich der Länge nach anhängen. Andere haben in diesen Bewegungen eine Imbibitionserscheinung vermuthet. Bei *Nephelis vulgaris* sah ich fast immer diese Bewegungen, die mir bei anderen *Hirudineen* nicht fehlten, und ich kann die Erklärung von *Nasse* bestätigen. Die anhängenden Muskelbündel gehören aber dem Nerven nicht selbst an, sondern sind, wie ich gefunden, Fragmente von benachbarten, dem Nerven fest anhängenden contractilen Blutgefässen. Bei *Nephelis* sind die Bewegungen darum häufiger, weil hier das ventrale Blutgefäss den Bauchnervenstrang ganz *einhüllt*, und weil dies Gefäss, das sich sehr lebhaft contrahirt, sehr entwickelte Muskeln besitzt. Eine eigene Bewegung der Nerven existirt nicht, und im lebenden Thier, in dem man wegen seiner

Durchsichtigkeit den Nervenstrang sehr wohl erkennt, bleibt er völlig unbewegt.

Auch wenn man die Nerven ganz oder zerfasert unter dem Mikroskope betrachtete, konnte man während ihrer Thätigkeit nicht die geringste Verschiebung ihres Inhaltes mit den bisherigen Hülfsmitteln wahrnehmen.

Alle gebräuchlichen Ausdrücke von einer Bewegung des „Nervenfluidums" oder des „Nervenäthers" sind daher höchstens als bildliche zu betrachten und haben keine tiefere wissenschaftliche Bedeutung.

Die Unfruchtbarkeit der Bemühungen, den Leitungsvorgang in den Nerven auf irgend eine Weise *sichtbar* zu machen, hat seit längerer Zeit zu der Vorstellung geführt, die Nerven könnten sich während ihrer Erregung auf ähnliche Weise verhalten, wie ein Draht, durch den ein electrischer Strom geleitet wird, und der, trotz der Wirkungen, die er vermittelt und die in mancher Beziehung den von den Nerven hervorgebrachten ähnlich sind, ebenfalls keinerlei Bewegung wahrnehmen lässt. Ja es wurde schon frühe die Ansicht ausgesprochen, dass in den Nerven, die wie ein electrischer Schlag den Muskel in rasche Zusammenziehung versetzen, wirklich nur die *Electricität* selbst als das thätige Agens auftrete.

Diese Ansicht musste für jeden Naturforscher natürlich etwas sehr verführerisches haben. Trotzdem, dass ihr vorläufig die anscheinend gewichtige Thatsache entgegenstand, dass ein unterbundener oder durchschnittener Nerv, dessen Ende genau an einander gefügt werden, seiner Leitung verlustig geht, bemühte man sich sehr häufig, electrische Ströme in den Nerven im ruhenden oder im thätigen Zustande nachzuweisen oder durch die gereizten Nerven electromagnetische Erscheinungen zu erzielen. Aber alle diese Bemühungen blieben ohne Erfolg, und schon verzweifelte man an der Möglichkeit des Gelingens, als durch *Du Bois-Reymonds* Untersuchungen eine Reihe von positiven Thatsachen auf diesem Gebiete entdeckt wurden, die wenigstens das Vorhandensein electrischer Gegensätze in den Nerven, und eine Veränderung dieser Gegensätze bei gewissen Arten der Reizung erwiesen haben.

I. ELECTRICITÄT DER NERVEN.

A. Ruhender Nervenstrom.

Unter dem Namen des ruhenden Nervenstromes werden die electrischen Verhältnisse eines Nervenstückes bezeichnet, welches keinerlei Reizung ausgesetzt ist, die im unverletzten Thiere den Vorgang der Empfindung oder Bewegung erzeugt haben würde.

Bei den Muskeln wurde bereits angedeutet, auf welche Weise thierische Theile überhaupt mit dem Galvanometer in Verbindung gebracht werden. Die electrischen Gegensätze im Nerven sprechen sich viel schwächer aus, als die in den Muskeln. Der hier anzuwendende Galvanometer muss daher sehr empfindlich sein und wenigstens 16,000 Windungen dünnen Drahtes besitzen, wenn er für die meisten der hierher

gehörigen Versuche brauchbar sein soll. *Valentin* und ich bedienten uns bei der Wiederholung der *Du Bois*'schen Versuche eines von *Sauerwaldt* in Berlin gearbeiteten Instrumentes von 30,000 Windungen, von denen die Hälfte durch eine eigene Vorrichtung auszuschliessen war. Man bedarf indessen nur selten so sehr empfindlicher Apparate.[1])

Die Versuche über den ruhenden Nervenstrom werden mit Nervenstücken gemacht, die möglichst schnell und ohne sie mechanisch zu verletzen oder zu quetschen, dem noch reizbaren Thiere entnommen werden. Man bedient sich für die gewöhnlichen Versuche der Froschnerven, und zwar des möglichst lang heraus präparirten *ischiadicus*.

Wie an den Muskeln unterscheidet man auch an den Nervenstücken die äussere Längsfläche, den möglichst scharf genommenen Querschnitt und den Aequator, d. h. die Linie, welche um die Mitte der Länge des Nervencylinders herumgeht. Einen natürlichen Querschnitt gibt es hier nicht, aber an den Nervencentren kann man einen künstlichen Längsschnitt herstellen.

Die Ströme, welche ein nicht gereiztes Nervenstück im möglichst frischen Zustande durch das Galvanometer sendet, haben *die vollkommenste Analogie mit den von dem Muskel unter denselben Verhältnissen entnommenen.*

Du Bois wendet daher auch auf den Nerven seine, in den Lehrbüchern der Physik weiter zu erörternde Theorie an, nach welcher Nerv und Muskel gleichmässig aus „peripolaren" Atomen zusammengesetzt sein sollen.

Demzufolge stellt man sich den Nerven stets als ein Zustand der *geschlossenen* Kette befindlich, und die im Multiplicator kreisenden Ströme als *abgeleitete* vor.

Ist dies richtig, so gibt die Grösse der Nadelabweichung, abgesehen davon, dass der Multiplicator überhaupt kein messendes Instrument ist, durchaus keine annähernde Vorstellung von der *Grösse* der im Nerven selbst vorhandenen electromotorischen Gegensätze.

Wird ein Nerv so auf die zu beiden Drahtenden des Multiplicators führenden Bäusche aufgelegt, dass einerseits der künstliche Querschnitt, andererseits ein Theil der Längsfläche aufliegt, so entsteht ein relativ starker Strom, der im Multiplicator von der Längsfläche nach dem Querschnitt geht.

Dieser Strom wird um so stärker, je näher der aufliegende Punkt der Längsfläche dem Aequator des Nervenstückes liegt. Er erreicht seine grösste Stärke, wenn einerseits der Querschnitt, andererseits der Aequator aufliegt.

Legt man zwei verschiedene Punkte der *Längsfläche* auf, so sind die Ströme schwächer, sie gehen durch den Multiplicator von dem dem Aequator näheren Punkte nach dem entfernteren. Bleibt in diesem Falle die Entfernung zwischen den beiden Multiplicatorenden, die sog. Spannweite, stets dieselbe, so findet man, dass die Stromstärke wächst, je mehr man von dem Aequator hinweg gegen den Querschnitt des Nervenstückes vorrückt.

Lässt man hingegen die Länge des eingeschalteten Nervenstückes wechseln, so zeigt es sich, wenn auf dem einen Bausch stets der Aequator liegen bleibt, dass die Stromstärke zunimmt, je mehr der andere gegen den Querschnitt vorrückt.

---

[1]) Ein solcher Apparat mit einigen unentbehrlichen Vorrichtungen kostet etwa 420 Franken.

Auch wenn die beiden aufgelegten Punkte der Längsfläche auf verschiedenen Seiten vom Aequator liegen, zeigt sich immer ein Strom von dem dem Aequator näheren Stücke nach dem entfernteren.

Legt man symmetrisch zum Aequator gelegene Punkte der Längsfläche auf, so wird der Strom vollständig oder annähernd Null. Die Nadel bleibt in Ruhe.

Es gehen also im Innern des Nerven selbst nach *zwei verschiedenen Richtungen hin* symmetrische Ströme gegen den Aequator.

Die verschiedenen Stellen *eines* Querschnittes konnte man noch nicht untersuchen, wahrscheinlich verhält sich die Sache hier wie bei den Muskeln.

Diese Verhältnisse zeigen sich zwar in allen Nervenstücken, welches auch ihre Dicke oder ihre Länge sei, so weit sie der Untersuchung zugänglich sind, aber die *Stärke* des beobachteten Stromes wächst mit der Zunahme des Längs- und Querschnittes eines Nerven.

Man darf aber durchaus nicht behaupten, dass diese Zunahme des Stromes im directen Verhältniss zur Zunahme der Masse des Nerven stehe.

Um den Unterschied in der Stromstärke verschiedener Nerven zu ermitteln, dient ausser der directen Vergleichung, die natürlich nur mit der grössten Vorsicht unter möglichst gleichen Umständen geschehen darf, vorzüglich das Verfahren der *Compensation*. Die zu vergleichenden Nervenstücke werden dabei gleichzeitig aber in verschiedener Richtung in den Kreis des Multiplicators eingeschaltet und beobachtet, welches Nervenstück durch seinen Strom beim ersten Ausschlag überwiegt.

Auch durch den an seinem Nerven hängenden Froschschenkel hat *Du Bois* auf sinnreiche Weise die Gegenwart der Ströme vom Längsschnitt zum Querschnitt erwiesen. Auf einem wohl isolirten Gestelle ruhen zwei mit Kochsalzlösung durchtränkte Bäusche. Zwei einander genäherte Stellen derselben werden mit Stückchen einer aufgeweichten thierischen Haut bedeckt. Während der Schenkel auf einem Glasplättchen ruht, geht der Nerv von einem Hautstückchen, auf dem seine Längsfläche aufliegt, zum zweiten, an das sein Querschnitt angedrückt wird. Nun werden rasch die beiden Bäusche neben den Hautstückchen leitend verbunden. Der vom Nerven ausgehende Strom dringt durch die hergestellte Verbindung und ertheilt in diesem Augenblicke dem Nerven selbst eine electrische Stromesschwankung. Der Schenkel zuckt. Oeffnet man nun rasch durch Wegnahme der Verbindung, so entsteht eine neue Schwankung und eine abermalige Zuckung.

Auch beim *Gehirn* und beim *Rückenmark* verhält sich die äussere Oberfläche positiv gegen jeden künstlichen Querschnitt.

Die *motorischen* und *sensibeln* Nerven verhalten sich in Betreff der angeführten Eigenschaften vollkommen gleich.

Ebensowenig war es bisher möglich, Unterschiede in der electromotorischen Wirkung der grauen und der weissen Substanz der Centralorgane aufzufinden.

Man hat von manchen Seiten behauptet, dass dieser electrische Gegensatz zwischen Längsfläche und Querschnitt nur dem lebenden Nerven eigenthümlich sei und zu dessen physiologischen Eigenschaften in der nächsten Beziehung stehe, wenn nicht gar mit denselben wesentlich identisch sei. Wir werden diese Hypothese erst später besprechen.

Thatsache ist, dass der Nervenstrom einige Zeit, nachdem der Nerv des getödteten Thieres aufgehört hat leistungsfähig zu sein, in merklichem Grade abnimmt, um, besonders bei warmblutigen Thieren und vor Allem bei Vögeln, bald zu verschwinden oder gar seine Richtung umzukehren.

Die schwächere Fortdauer des Nervenstromes eine Zeit lang nach dem völligen Tode des Thieres hat man dadurch zu erklären gemeint, dass auch dann die Leistungsfähigkeit des Nerven noch nicht so plötzlich erloschen, sondern nur in dem Grade geschwächt sei, dass keine sichtbaren Wirkungen auf den Muskel mehr von ihr erhalten werden können. Wir werden später die Erfahrungen über die Modificationen des ruhenden Nervenstromes unter verschiedenen äusseren Verhältnissen besprechen und es wird sich dabei Gelegenheit finden, diese Ansicht zu prüfen.

Thatsache ist ferner, dass der Nervenstrom um so kräftiger ausfällt, je leistungsfähiger der Nerv gleich nach dem Tode ist. Es kann dies daher rühren, dass die normale Mischung des Nerven, welche die grössere Leistungsfähigkeit bedingt, auch *nach einer anderen Seite hin* im Stande ist, um so grössere electrische Gegensätze zu erzeugen. Insofern konnte der Nervenstrom zwar als ein *Maass* der noch vorhandenen Leistungsfähigkeit dienen, es geht für uns aber vorläufig noch nicht daraus hervor, dass beide *von einander abhängig*, dass beide etwas mehr sind, als zwei verschiedene Eigenschaften, die einander *beigeordnet* aus denselben inneren regelrechten Bedingungsgliedern entspringen, so dass eine gewisse Veränderung dieser Glieder schon genüge, die eine Eigenschaft verschwinden zu lassen, wenn noch die andere, weniger anspruchsvolle, in geschwächtem Maasse fortbesteht.

B. Electrotonus.

Den Electrotonus nennt *Du Bois* die eigenthümliche Modification, welche die electromotorischen Eigenschaften des Nerven erfahren, wenn irgend ein Theil desselben dem Einfluss eines *constanten* galvanischen Stromes ausgesetzt wird.

Zu der noch fortbestehenden ursprünglichen Wirkungsweise eines jeden zu untersuchenden Nervenstückes, summirt sich dann ein Strom, dessen Richtung gleich ist mit der des galvanischen Stromes, welchen man den der Reizung ausgesetzten Nerventheil durchfliessen lässt. Liegt das vom constanten Strom erregte Nervensegment nicht am Ende, sondern in der Mitte des ausgeschnittenen Nervenstückes, so theilt sich dieser Einfluss der constanten Kette nach beiden Seiten nahezu gleichmässig mit.

Diejenigen Theile des Nerven, deren Strom ursprünglich dem der erregenden constanten Kette gleichgerichtet war, zeigen also einen *Zuwachs* ihres Nervenstromes, sie befinden sich, wie sich *Du Bois* ausdrückt, in der „positiven Phase des Electrotonus." Die anderen Theile, deren ursprünglicher Strom dem der Kette entgegengesetzt war, erleiden eine *Abnahme* ihres Stromes, sie befinden sich in der „negativen Phase des Electrotonus."

Legt man zwei symmetrisch zum Aequator des Nervenstückes gelegene Stellen auf die Bäusche auf, so hat man gar keinen ursprünglichen Strom und man beobachtet dann bei Reizung eines Nervenstückes durch eine constante Kette ganz allein den vom Electrotonus abhängigen Strom.

Die Grösse des Zuwachses oder der Abnahme wächst je länger der in den constanten erregenden Strom eingeschaltete Theil des Nervenstückes ist, und innerhalb gewisser Gränzen je *dichter* der erregende Strom selbst wird.

Durchzieht der erregende Strom nur den Querschnitt des Nerven rechtwinklig auf dessen Längsachse, so beobachtet man nur sehr geringe Wirkungen; sie würden wahrscheinlich ganz fehlen, wenn der beabsich-

tigte Versuch vollkommen gelänge. Je mehr sich die Richtung des erregenden Stromes der Längsachse zuneigt, um so grösser sind die Wirkungen auf den Electrotonus.

Die Grösse des Electrotonus *nimmt ab*, je weiter das untersuchte Nervenstück von dem erregten entfernt wird. Diese Abnahme ist verhältnissmässig grösser in der nächsten Nähe des erregten Stückes als in einiger Entfernung von demselben.

Die Möglichkeit des Electrotonus ist bei weitem mehr als die Existenz des ruhenden Nervenstromes an die physiologische Integrität des Nerven gebunden, und verschwindet äusserst schnell nach dem Tode.

Andere feuchte Leiter ausser den Nerven zeigen die electrotonischen Erscheinungen nicht.

Hierdurch ist theilweise schon der Verdacht abgewendet, dass der Electrotonus keine eigene Bewegungserscheinung der Nervenelectricität sei, sondern vom Hereinbrechen von Nebenschleifen des erregenden Stromes herrühren könne. Auch die grosse Hemmung, welche die Leitung in einem so schlechten Leiter von so dünnem Querschnitt wie der Nerv erfährt, raubt einem solchen Verdachte von physikalischer Seite her alle Wahrscheinlichkeit. Direct wird er dadurch widerlegt, dass jeder mechanische Eingriff, der die nervöse Leitungsfähigkeit zwischen der geprüften und der constant erregten Nervenstelle hemmt, ohne das galvanische Leitungsvermögen zu beeinträchtigen, den Electrotonus augenblicklich aufhören macht.

Der electrotonische Zustand lässt sich auch am stromprüfenden Froschschenkel nachweisen, und zwar führt dieser Versuch zu einer sehr merkwürdigen und belangreichen Erfahrung, zu der sogen. *paradoxen Zuckung*. Durchschnittene Nerven aus denselben oder aus verschiedenen Stämmen können, wie man sie auch an einander lege, ihre physiologischen Zustände nicht mehr auf einander fortleiten. Legt man aber den unteren Theil eines ausgeschnittenen Froschnervenstückes neben den Nerven eines stromprüfenden Froschschenkels und reizt den oberen Theil jenes Nervenstückes durch eine starke constante Kette, so wird das Eintreten des Electrotonus im unteren Nervenstück auf den nebenangelegenen Nerven des Froschpräparates reizend wirken; der Schenkel zuckt bei der Schliessung der constanten Kette, er zuckt wieder bei der Oeffnung derselben. Der Froschschenkel muss natürlich im höchsten Grade reizbar sein. Wird der primär erregte Nerv unterbunden, so bleibt die secundäre Zuckung aus, zum Beweise, dass sie nicht vom Hereinbrechen von Stromesschleifen herrührt.

Dieselbe *paradoxe* Zuckung durch starke constante Ströme kann man in sehr verschiedenen und auffallenden Formen beobachten. Wir wissen, dass sich die physiologischen Erregungszustände zwischen den verschiedenen Primitivfasern eines und desselben Nervenstammes nicht mittheilen. Galvanisirt man aber durch einen starken constanten Strom irgend eine Endverzweigung eines Nerven, so können, wie *Du Bois* beobachtet hat, Muskeln zucken, die von viel höher am Stamm abgehenden Zweigen ihre Nerven erhalten. Man kann auch beweisen, dass diese Erscheinungen, welche bei Versuchen zu grösster Vorsicht auffordern, nicht durch Stromesschleifen, sondern nur durch den Electrotonus entstehen.

Von besonderem Interesse sind die Erscheinungen, welche *Du Bois* beobachtet hat, wenn ein Nerv von zwei verschiedenen constanten Strömen durchflossen wurde.

Bildete die durch den Multiplicator untersuchte Strecke das Ende eines Nervenstückes, so dass die beiden erregenden Ströme sich auf einer

und derselben Seite von der geprüften Stelle befanden, so zeigte es sich, dass bei gleicher oder grösserer Dichte des Stromes in der *entfernteren* erregten Strecke sich beiderlei Phasen derselben durch die Phasen der näheren hindurch zu erkennen gaben. Bei grösserer Dichte des Stromes in der *näheren* erregten Strecke gaben sich aber die Phasen, die von der entfernteren herrührten, nicht mehr kund. Dieselben blieben sogar noch aus, als der nähere Strom unterbrochen wurde, wie wenn der Nerv durch den vorübergehenden stärkeren Strom für den Einfluss des anderen dauernd oder für einige Zeit undurchgänglich geworden wäre.

Es hat sich gezeigt, dass die positive und die negative Phase nicht von gleicher Stärke sind, sondern dass stets die erstere überwiegt.

Auch bei dem eben angeführten Versuch, wo zwei verschiedene Ströme constanter Art auf den Nerven wirken, gab sich das Uebergewicht der positiven Phase zu erkennen. War die geprüfte Nervenstrecke durch den ihr näheren Strom in positiver Phase, so wirkten *beide* dem entfernteren Strom angehörigen Phasen leicht hindurch. War aber jene Phase die negative, so wirkte zwar die *positive*, aber nicht die negative Phase des entfernteren Stromes leicht durch. Diese Beobachtungen werden uns später von Nutzen sein, um einige physiologische Erscheinungen zu deuten. Ueber den Fall, wo die constanten Ströme auf verschiedenen Seiten der geprüften Strecke liegen, vergl. *Du Bois* l. c. II. pag. 353.

Der Electrotonus wird nicht dadurch aufgehalten, dass sich im Verlaufe eines Nerven Ganglien eingeschaltet finden, aber an den Nervencentren ist er bis jetzt nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen.

Wie durch den Muskelstrom, lässt sich auch durch den ruhenden Nervenstrom eines anderen Nerven ein schwacher Electrotonus erzeugen. Ja ein Electrotonus erfolgt, wenn man den Querschnitt des zu prüfenden Nerven selbst, ausserhalb der Bäusche, auf seinen Längsschnitt zurückbiegt.

Es erhellt aus dem Vorstehenden, dass der Electrotonus nicht der Zustand ist, in welchem der Nerv bei der Reizung Bewegung oder Empfindung veranlasst. Denn diese Aeusserungen der Nerventhätigkeit treten nur bei *Schwankungen* galvanischer Ströme hervor, nie aber, wenn diese sich in gleicher Stärke *dauernd* erhalten. Der Electrotonus *besteht* aber bei dauerndem constantem Strom. Bewegung entsteht, wenn die gereizte Nervenstrecke viel *weiter* vom Muskel entfernt ist, als der mit der Entfernung so schnell abnehmende Electrotonus sich noch merklich geltend macht. Die Kenntniss des Electrotonus wird erst später ihre Früchte tragen, vorläufig sei bloss bemerkt, dass diese „Bewegungserscheinung der Nervenelectricität“ der erste Unterschied ist, der sich uns zwischen den electrischen Vorgängen im Nerven und denen anderer Gebilde bietet, denn Muskeln und andere Gewebe zeigen nichts Aehnliches.

C. Negative Stromesschwankung.

Der vorhin beschriebene Electrotonus erscheint, so kurze Zeit auch ein electrischer Reiz durch den Nerven geht. Wird der angewendete Strom aber durch einen Magnetelectrometer hervorgerufen, so dass er schnell wechselnd den Nerven im lebenden Thiere zu einer ziemlich anhaltenden Thätigkeit nöthigen würde, so gewahrt man am ausgeschnittenen Nerven, der auf den Bäuschen liegt, nach *Du Bois* häufig die sonderbare Erscheinung, dass die *positive* Phase statt, wie sie sollte, grösser, bedeutend *kleiner* erscheint, als die negative Phase. Bei noch rascher wechselndem Strome bleibt die positive Phase ganz aus und endlich, wenn der Nerv auf's Höchste und in schnellster Folge gereizt wird, erhält

man sogar einen *negativen* Ausschlag, einen Rückschwung der Nadel, der jedoch stets viel kleiner ist, als dem zu erwartenden Zuwachs entsprechen würde.

Diese negative Schwankung scheint auszubleiben, wenn der Nerv mit electromotorisch entsprechenden Punkten des Längsschnittes aufliegt *(Du Bois)*.

Die Vermuthung, dass diese negative Schwankung die bis zur Erzeugung von physiologischer Thätigkeit gesteigerte Erregung des Nerven immer begleite, zeigt sich zunächst für die *electrische* Erregung dadurch bestätigt, dass sie selbst dann eintritt, wenn man mittelst eines Unterbrechungsrades den Nerven nur durch sehr rasch sich folgende, *positive* Phase erzeugende Ströme reizt. Eine Summirung der electrotonischen Zustände müsste hier den *entgegengesetzten* Erfolg haben.

Auch noch andere Beweise, die bei *Du Bois* l. c. pag. 432 zu vergleichen sind, zeigen, dass die negative Schwankung nicht vom Electrotonus herrührt. Besonders verdient in dieser Beziehung hervorgehoben zu werden, dass auch bei Erregung der Nerven mit sehr schnell abwechselnden, entgegengesetzt gerichteten, Strömen die negative Schwankung eintritt. Die nur langsam ausschlagende Nadel des Galvanometers sollte unter diesen Verhältnissen, wo der zweite entgegengesetzte Electrotonus früher eintritt, als sie Zeit hätte, dem ersten zu folgen, in Ruhe bleiben, wenn *nur* der Electrotonus wirksam wäre.

Hört man mit der Erregung der Nerven auf, so geht die Nadel bis auf etwa ihren früheren, von dem ruhenden Nervenstrom bestimmten, Stand zurück. Lässt man jetzt dem Nerven eine kurze Erholung und reizt von Neuem, so erscheint abermals eine negative Schwankung.

Es kommt vor, dass der Nerv die erste Reizung nur schwach beantwortet, und erst, wenn man zwei oder drei Male gereizt hat, erscheint die negative Schwankung in ihrer vollen Stärke.

Die negative Schwankung verbreitet sich im Nerven nach *beiden Richtungen* hin gleichmässig, und es zeigt sich nie ein Unterschied, ob man das Hirnende reizt oder das peripherische prüft, oder umgekehrt.

Ebensowenig gibt sich irgend ein Unterschied zwischen *sensibeln* und *motorischen* Nerven zu erkennen.

Du Bois hat gezeigt, dass in der That diese negative Schwankung von einer Abnahme der *Summe* der electromotorischen Kräfte des Nerven herrührt, und dass weder Hereinbrechen von Stromesschleifen, noch Freiwerden der Ladungen, noch ein im Nerven entwickelter Leitungswiderstand als ihre Ursache anzusehen sind.

Die negative Schwankung wächst mit der Dichtigkeit des erregenden Stromes, mit der Länge der erregten Nervenstrecke, mit der Annäherung der Stromesrichtung gegen die Längsachse des Nerven.

Wenn man die erregte Nervenstelle der am Multiplicator geprüften nähert, so nimmt die Grösse der negativen Schwankung zwar *etwas* zu, aber bei Weitem nicht in dem Maasse, wie der Electrotonus unter gleichen Verhältnissen.

Je länger die geprüfte Nervenstrecke, um so beträchtlicher erscheint die negative Schwankung.

Sie ist bei dickeren Nerven lebhafter als bei dünneren. Hat man an einem Präparate die Muskeln an einem Ende des Nerven gelassen, reizt man diesen Nerven in der Mitte, und prüft sein oberes Ende am Galvanometer, so findet man, dass mit dem Erlöschen der Zuckungen die negative Schwankung viel schwächer wird, aber sie wird nicht sogleich in dem Maasse undeutlich, wie es *Du Bois* anzunehmen scheint. Bei Säugethieren

sahen sie *Valentin und ich* noch sehr deutlich ausgesprochen, wenn wir den Nerven in dem Momente ausschnitten, wo die stärksten Schläge des Magnetelectromotors auf denselben keine Muskelzuckungen mehr hervorriefen. Es war hier gleichgültig, ob wir das Hirn- oder das Muskelende des Nerven prüften. Wartet man aber noch eine kurze Zeit, so verschwindet die negative Schwankung gänzlich.

Die negative Schwankung weicht, wie *Du Bois* bemerkt, in dem sterbenden Nerven früher als der Electrotonus, und dieser vergeht wieder früher als der ursprüngliche Nervenstrom. Ich konnte dies vollkommen bestätigen, und wenn ich in einem *einzigen* Versuche an einer Maus mit unterbundener Bauchaorta noch negative Schwankung am *Ischiadicus* beobachtete, während der Electrotonus fehlte, so mag dies wohl in einem übersehenen Umstande begründet sein.

Die letzten Spuren der negativen Schwankung *können* bei Mäusen den Tod des Thieres und das Aufhören der Circulation bis in die zweite Stunde überdauern und *noch bestehen*, wenn schon Todtenstarre die Muskeln ergriffen hat. Indessen verschwinden sie in der Regel viel früher, während die Muskeln noch reizbar sind.

Bedient man sich des electrischen Reizes, so ist die negative Schwankung leicht wahrzunehmen; dies wird aber viel schwerer, wenn man den Nerv auf andere Weise reizt. Es bedarf hierzu der empfindlichsten Multiplicatoren, und auch hier darf man in glücklichen Fällen nur darauf rechnen, einen Rückschwung der Nadel von wenigen Graden zu sehen. Indessen ist es gelungen, bei den Vergiftungsanfällen mit Strychnin, bei thermischer, chemischer und mechanischer Reizung des Nerven einen solchen Rückschwung der Nadel zu erzielen, und auch hier war der Erfolg bei den letztgenannten Arten der Reizung selbst dann vorhanden, wenn man das peripherische Nervenende eines bewegenden Nerven reizte und das centrale Ende prüfte.

D. Stromesumkehr.

Du Bois hat beobachtet, dass, wenn man einen Nerven zur Beobachtung der negativen Schwankung vorbereitet hat, und man nun den ausserhalb des Galvanometerkreises befindlichen Theil des Nerven brennt, quetscht, chemischer Zerstörung preisgibt, ihn ohne Rücksicht auf die Erschöpfung mit übermächtigen Strömen anhaltend reizt, es manchmal vorkommt, dass die Nadel, statt der kleinen negativen Schwankung, ausserordentlich viel weiter sinkt, und beim Nachlass der Reizung nicht sogleich zurückkehrt. Der Nervenstrom hat also hier im Allgemeinen abgenommen, in einzelnen Fällen geht aber diese Abnahme bis zu einer wahren *Umkehr* der Stromesrichtung, so dass der Strom verkehrte Ladungen hinterlässt, d. h. solche, die dem *ursprünglichen* Strome gleich gerichtet sind.

Diese Erscheinung ist im Allgemeinen sehr der Willkür des Beobachters entzogen. *Du Bois* konnte sie häufig erzeugen, wenn er strahlende Wärme auf den Nerven einwirken liess. Am leichtesten konnte er durch dieses Verfahren gerade bei sehr empfänglichen und erregbaren Nerven, *nicht* aber bei wenig reizbaren, die Stromesumkehr hervorbringen.

Auch Unterbindung der Nerven kann Stromesumkehr bewirken, und man kann sich leicht überzeugen, dass ein Nerv mit verkehrtem Strom noch sehr gut auf die Muskeln einwirken kann und *erregbar* bleibt.

Die Stromesumkehr erstreckt sich nicht nothwendig auf den ganzen Nerven, sondern kann nur einen Theil desselben ergreifen.

Diese Stromesumkehr, bei der die Leistungsfähigkeit der Nerven *nicht gelitten* hat, ist nie von langer Dauer, sondern sie kehrt bald durch einen Zustand der Indifferenz hindurch zur normalen Richtung zurück.

Wird ein Nerv mit umgekehrtem Strome durch den Magnetelectromotor oder durch kaustische Misshandlung zur Thätigkeit gereizt, so zeigt sein Strom eine eigenthümliche Bewegungserscheinung. Es erscheint nämlich statt einer *negativen*, eine *positive Stromesschwankung*, eine Zunahme des vorhandenen verkehrten Stromes.

Auch *Electrotonus* ist bei verkehrtem Strom zu beobachten, wobei der Zuwachs die dem erregenden Strom entsprechende Richtung behält, in Bezug auf den *ursprünglichen* Strom dagegen *verkehrt* erscheint. Die normal positive Phase zeigt einen negativen Ausschlag.

Wenn ein bereits sehr erschöpfter, aber noch richtig wirkender Nerv auf den Galvanometerbäuschen aufliegt, so wird nach *Du Bois* ein jeder ihn treffende starke Reiz, z. B. das Abschneiden eines Stückes seiner Länge, das Anlegen der Electroden, die Veranlassung zu einem tiefen und unaufhaltsamen Sinken der Stromeskräfte, von welchem keine rechte Erholung mehr gelingen will. Dasselbe habe ich auch einige Male gesehen.

Es scheint, dass die oft beobachtete „freiwillige" Umkehr der Stromesrichtung an den Nerven kurz vorher getödteter Thiere eine der eben besprochenen ganz verwandte, ja identische, Erscheinung ist. *Du Bois* sucht einen wesentlichen Unterschied darin, dass von der letzteren keine Erholung mehr beobachtet werde, aber nach unseren Beobachtungen kehrt auch hier, trotz des Todes, die normale Strömungsrichtung manchmal wieder, ehe der Strom ganz erlischt. Ferner haben *Valentin und ich* gesehen, dass, wenn auch der Nerv, der die Umkehr des Stromes erst nach dem Tode und ohne äusseren Eingriff zeigte, nicht mehr die negative Schwankung darbot, doch hie und da in ihm ein Electrotonus erzeugt werden konnte, der die umgekehrte Richtung hatte.

Bei frischen Nerven haben wir nach vorausgegangener Quetschung, und zwei Male ohne mechanische Eingriffe, die hier nach *Du Bois* beschriebenen Verhältnisse gesehen, am vollständigsten, schönsten und längsten zeigte sie uns ein Frosch, dem vor einigen Tagen der untere Theil des Rückenmarks zerstört worden und den man vor der Untersuchung aetherisirt hatte. Hier war keine besondere Misshandlung des Nerven nöthig, um den umgekehrten Strom, den umgekehrten Electrotonus, die positive Stromesschwankung beim Tetanisiren zu erzeugen. Andere ganz ähnlich behandelte Frösche zeigten diese Erscheinungen nicht.

E. Vom Strom des lebenden nicht mehr leistungsfähigen Nerven und der physiologischen Bedeutung des Nervenstromes.

Schon oben haben wir bemerkt, dass der Nervenstrom sich schwächt, bald nach dem Ausschneiden des Nerven, nach dem Tode des Thieres, und dass er nach *Du Bois* im Allgemeinen weniger lebhaft ist bei abgemagerten hungernden Thieren, deren Kraft und Ernährung gelitten hat.

Man hat hieraus gewöhnlich geschlossen, dass der Strom in engster Verbindung mit der Leistungsfähigkeit des Nerven stehe, aber die vorhin angeführten Erscheinungen, nach welchen erregbare Nerven auch zeitweise einen *umgekehrten* Strom besitzen können, den dann die Erregung nicht, wie man erwarten sollte, *vermindert*, sondern *vermehrt*, muss uns gegen diese Folgerung sehr misstrauisch machen. Die auf dem gewöhnlichen Wege, durch Ausschneiden, durch Tödtung des Thieres, durch

Schwächung seiner Ernährungsthätigkeit in ihrer Erregbarkeit herabgestimmten Nerven haben mehr als *nur diese* verloren, sie haben ihre gehörige Wechselwirkung mit dem Blute ganz oder theilweise eingebüsst, und wir werden bald sehen, wie Verlust der Circulation schnell und tief verändernd in den Nerven eingreift. Sie muss sehr bald alle Gewebe des Nerven ihrer normalen Mischung entfremden, was natürlich den Nervenstrom ändern muss, sollte er auch solchen Geweben seinen Ursprung verdanken, die für die eigentliche Leitung ganz unwesentlich sind.

Die statt der negativen Stromesschwankung in manchen Fällen eintretende *Vermehrung* der vorhandenen umgekehrten Stromesrichtung schien mir nun in der That die Andeutung zu enthalten, dass beim Tetanisiren nicht eigentlich eine wahre Verminderung des eigentlichen Nervenstromes auftrete, dass nicht der *ursprüngliche* Strom geändert werde, sondern dass beim Bewegung und Empfindung erregenden Vorgange ein neuer Strom in den Nerven hereinbreche, der sich, unabhängig vom ruhenden Strome, zu demselben in seinen Wirkungen auf die Magnetnadel summire, um letzteren, je nach seiner Richtung, zu verkleineren oder zu vergrösseren.

Hat man *zweierlei* Nervenströme, einen beständig vorhandenen und einen nur bei der Thätigkeit des Nerven auftretenden, so war zu untersuchen, ob sie nicht auch in verschiedenen Elementen der Primitivfasern ihren Sitz haben.

Man musste daher suchen, diese Elemente einzeln zu verändern, ohne die Beziehung der anderen zum Blutlauf wesentlich zu stören; damit der Nerv, aus dem Thiere herausgeschnitten, sich noch im ersten Augenblick in Betreff der unveränderten Theile im Zustande vollkommener Ernährung befinde. Dies war fast ganz zu erreichen, dadurch, dass man den Nerven im lebenden Thiere durchschnitt, und erst später auf seine electromotorischen Eigenschaften prüfte, wenn sich der Stamm schon paralytisch verändert hatte.

Nerven von Säugethieren und Vögeln, die zwar noch ihren Markinhalt theilweise besassen, aber schon seit länger als 8 bis 14 Tagen alle Erregbarkeit verloren hatten, wurden von *Valentin und mir* schnell auf die Bäusche des Galvanometers gebracht und sie lenkten noch stark die Magnetnadel ab, im Sinne des *richtigen* Nervenstromes.

Dasselbe war bei der Erregbarkeit bereits verlustigen durchschnittenen Froschnerven der Fall, aber es konnte nicht bestimmt werden, wie lange sie schon unerregbar waren.

Nerven, die vom Markinhalte nur noch einzelne unzusammenhängende Fetttropfen besassen, hatten noch den Nervenstrom im richtigen Sinne.

Die *Stärke* des Nervenstromes, bei der Natur des angewendeten Prüfungsmittels an und für sich nicht sehr in Betracht zu ziehen, gab manchmal der des unverletzten Nerven der anderen Seite nichts nach, und wo sie schwächer war, verblieb sie doch stets in den Grenzen der für einen gleich dicken und etwa gleich langen gesunden Nerven desselben Thieres vorkommenden Schwankungen.

Hieraus geht jedenfalls schon so viel hervor, dass die Thatsachen, aus denen man schloss, dass der Nervenstrom mit oder sehr bald nach der Erregbarkeit des Nerven zu Grunde gehe, *anders gedeutet werden müssen.*

War der auf diese Weise seit lange gelähmte Nerv einige Zeit aus dem Thiere ausgeschnitten, so schwächte sich sein Strom, kehrte sich oft um, oder verschwand allmählich, und die Zeitdauer und die Verwand-

lung des Stromes unterschied sich nicht von denselben Verhältnissen beim frisch ausgeschnittenen *reizbaren* Nerven.

Also kann auch das Aufhören resp. die Umkehrung des Stromes in den letzteren nicht dem Erlöschen der letzten, sonstigen Prüfungsmitteln unzugänglichen, Spuren der Reizbarkeit zugeschrieben werden, sondern einer durch die Trennung von den Ernährungsheerden bewirkten Veränderung, welche allerdings auch die Reizbarkeit zerstören muss, wo sie vorhanden ist.

Aber in allen unseren Versuchen war, so sorgfältig wir auch darauf achteten, in den nicht mehr reizbaren Nerven auch keine Spur von Electrotonus und negativer Stromesschwankung zu beobachten. Nehmen wir mit grösster Wahrscheinlichkeit an, dass diese sogen. „Bewegungserscheinungen des Nervenstromes" wirklich fehlten, und dass sie uns nicht bloss entgangen waren, weil wir, der Natur der Sache nach, meistens an warmblütigen Wirbelthieren arbeiten mussten, ist wirklich die negative Stromesschwankung für den reizbaren Nerven charakteristisch, so folgt daraus, dass sie eben *keine* „Bewegung des Nervenstromes" in dem gewöhnlich gebrauchten Sinne darstellt. Das heisst, dass die Bedingungen, welche im gewöhnlichen Zustande den ruhenden Strom erzeugen, nicht genügen, unter dem Einfluss reizender Vorgänge diesen in *denjenigen* Strom zu verwandeln, in welchem das Wesen des thätigen Nerven sich aussprechen und aufgehen soll. Hier, wo im frischen gelähmten Nerven der Strom noch kräftig besteht, erlaubt das Fehlen der negativen Schwankung nicht die Einwürfe, die sich *Du Bois* machte, als er im *längere* Zeit ausgeschnittenen Nerven dem noch *geschwächt* fortbestehenden Strom nicht mehr die ihm „eigenthümlichen" Bewegungserscheinungen ertheilen konnte.

Noch mehr. Bei Säugethieren, die mehrere Wochen und Monate lang gelähmt waren, hatte der resecirte und nicht regenerirte Nerv noch seinen richtigen Strom, während das Mikroskop in dem entarteten Nerven keine Spur des Markes oder in anderen Fällen nur äusserst wenige sehr kleine kaum in Betracht zu ziehende Fettkügelchen zeigte. Der Nerv bestand nur aus den Hüllen und dem Reste des, nur durch Sublimat erkennbaren, Axencylinders.

Die hier erhaltenen Ablenkungen der Nadel, wenn sie auch in einzelnen Fällen so stark vorkommen, dass sie die letztere wider die Hemmung werfen, zeigen sich oftmals schwächer, als die von den gesunden Nerven erhaltenen Ausschläge. Hierbei ist aber zu bedenken, dass auch die noch erhaltenen Nervenhüllen in solchen Fällen lange dauernder Lähmung nicht ihre vollständige Integrität ganz behalten haben, wie schon der unleugbare Umstand beweist, dass solche Nervenstücke viel leichter zu zerfasern sind, als gesunde.

Der Strom in entleerten Nerven verschwindet ebenfalls unter denselben Erscheinungen, wie der bei reizbaren Nervenstücken, wir dürfen uns daher nicht der Vermuthung hingeben, dass hier etwa künstliche oder durch die vorbereitenden Eingriffe erzeugte Zufälligkeiten einen dem des reizbaren Nerven ähnlichen Strom erzeugt hätten. Wenn einige Zeit nach dem Tode die anderen Nerven des Thieres stromlos gefunden werden, sind es auch die degenerirten.

Auch in der letztangeführten Untersuchungsreihe war kein Electrotonus und keine negative Schwankung mehr zu entdecken.

Aus diesen Thatsachen ist zu entnehmen, dass der *ruhende* Nervenstrom wahrscheinlich nur den noch gehörig ernährten Hüllen der Nerven-

fasern und sicher solchen Theilen seinen Ursprung verdankt, *die der Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit fremd sind.*

Ist dies richtig, so muss der normale Sinn des Nervenstromes auch erhalten bleiben, wenn man den eben ausgeschnittenen Nerven eines Thieres viel *schneller* seiner Erregbarkeit *vollkommen* beraubt, als er sich durch die Störung des Blutlaufes desorganisiren kann.

Es muss dabei ein rasches Verfahren angewendet werden, welches die Nervenhüllen möglichst schont, sie nicht chemisch angreift und den wirksamen Inhalt gründlich zerstört, ohne Fragmente desselben im theilweise gereizten Zustande zurückzulassen, die den Strom, durch Erregung eines umgekehrten, theilweise neutralisiren könnten. Nur durch die Beachtung dieser Vorsichtsmassregeln waren die zweideutigen Ergebnisse zu vermeiden, welche man (*Du Bois* II, pag. 287) nach der Einwirkung von Wärme, Aetzmitteln, narkotischen Auflösungen etc. erlangt hatte.

Starke Hammerschläge tödten den ganzen getroffenen Nerventheil so rasch ab, dass die, ohne Zweifel vorhandene, Erregung nicht einmal Zeit hat, Muskelzuckungen zu veranlassen, oder sich auf die nicht getroffene Fortsetzung des Nerven zu verbreiten. Sie können dabei, wegen des weichen Inhaltes, die Hüllen wenig beschädigen, wenn auch ein Theil derselben zerreissen mag. Immerhin war daher zu erwarten, dass der Nervenstrom, wenn er sich auch nach dem Hammerschlag in richtigem Sinne zeigen sollte, früher als normal zu Grunde gehen würde.

Diese Voraussetzungen trafen ein. Nerven von Säugethieren wurden befeuchtet auf ihren normalen Strom geprüft und dann zwischen zwei Wachstuchstücken kräftig gehämmert und schnell, nach Anlegung eines neuen Querschnittes, wurden die zermalmten Stücke wieder auf die Bäusche gebracht. Es zeigte sich der erste Ausschlag richtig, von gehöriger Grösse, die Polarisation stark, aber der Nervenstrom verschwand sehr schnell. Nur zwei Mal, bei Mäusen, haben wir den Strom des zermalmten Nerven *auffallend* lang in richtigem Sinne beobachtet. In den meisten Fällen waren augenscheinlich fast nur entleerte Hüllen unter dem Hammer zurückgeblieben. Wir haben auch diesen Versuch an einer Kröte wiederholt, und uns nach den Schlägen von der Richtigkeit des Nervenstromes und von seiner auffallend schnellen Abschwächung überzeugt.

Säugethiere und Vögel hingegen, bei denen die Nerven einzelner Extremitäten durch Unterbindung aller Blutgefässe im lebenden Thiere ihrer Thätigkeit und ihrer Ernährung vorübergehend beraubt waren, verhielten sich an den gelähmten Theilen wie getödtete Thiere. Der Nervenstrom zeigte sich uns hier geschwächt, verkehrt oder fehlte, während die oft noch reizbaren Muskeln ihren Strom behalten hatten.

Ich leite daher den ruhenden Nervenstrom von den *Hüllen* der Primitivfasern, den Electrotonus und die negative Schwankung von Strömen ab, die, in gewöhnlich jenem entgegengesetzter Richtung, im erregbaren oder noch nahezu normal zusammengesetzten *Nerveninhalt* unter gewissen Einflüssen entstehen können. Diese Auffassung, welche mit den von *Du Bois* entdeckten *Thatsachen* völlig im Einklang ist, wird noch unterstützt durch die von jenem Forscher in Betreff der „freiwilligen" Stromesumkehr hervorgehobenen Verhältnisse und sie fügt sich sogar vollkommen dem Ausspruche desselben, dass im erregten Zustande *die nach aussen gerichteten* electromotorischen Kräfte des (normalen) Nerven eine Verminderung erleiden.

Dabei aber haben wir den Vortheil, nach unserer Hypothese keine *Abnahme* einer, schon dem nicht erregten Nerven zukommenden, Eigenschaft als Ursache dieser die *Thätigkeit* begleitenden Verminderung an-

zusehen, sondern einen mit der Erregung *entstehenden* und vergehenden Strom im allein wirksamen Theile des Nerven.

Dass die im entleerten Nerven vorhandenen Ströme nicht etwa denen gleichzusetzen sind, die *Du Bois* in Knochen, den Nieren etc. beobachtet hat, zeigt ausser ihrer Stärke und ihrem baldigen Verschwinden auch ihre Unterordnung unter das Gesetz des Nervenstromes, die wir bei den „stärkeren" und „schwächeren Anordnungen" bewährt gefunden haben.

Interessant für die ganze Lehre von der thierischen Electricität, und besonders für die der Nerven, ist der unter *Magendies* Mitwirkung von *Pouillet* verfasste Bericht über *Du Bois* Versuche, der in dem Tübinger Archiv von *Vierordt* Bd. IX, pag. 663 übersetzt ist, und den wir unsern Lesern angelegentlich empfehlen.

II. NERVENREIZE.

Unter den mannigfaltigen Einflüssen, welche auf die Nerven verändernd einwirken, gibt es einige, welche bei einer gewissen *Stärke* und einer gewissen *Schnelligkeit* der Einwirkung, die in ihrer natürlichen Verbindung befindlichen Nerven zur Erregung von Empfindung oder Bewegung veranlassen. Diese Einflüsse nennen wir Nervenreize.

Ausser der für jeden Reiz wechselnden Grösse, die ihm *wenigstens* zukommen muss, um wirksam zu sein, ausser der Schnelligkeit, mit der er eingreift, ist aber auch die *Richtung* in Betracht zu ziehen, nach der er den Nerven erregt. *Aufsteigende* galvanische Ströme wirken anders als *absteigende*.

Vor Allem aber ist als oberster Grundsatz der Reizung im Auge zu halten, dass innerhalb der angedeuteten Gränzen niemals der durch den Reiz *veränderte Zustand* des Nerven als erregend auftritt, sondern nur der *Vorgang der Veränderung* selbst; die mit einer gewissen Schnelligkeit im Nerven vor sich gehende Ausgleichung des Reizes. Es ist daher jenseits der Minimalgränze an und für sich gleichgültig *wie viel* der Nerv verändert wird. Die Dauer der Erregung richtet sich nur darnach, wie lange der Process des *Verändertwerdens* anhält, die Intensität steigert sich mit dem Differential der Schnelligkeit. Nur *scheinbar* wird daher oft ein Nerv durch einen sich gleich bleibenden Reiz angeregt, wenn derselbe entweder nur langsam einzudringen vermag, oder, wie bei der Electrolyse, erst secundär sich stets mehrende Reiz anhäuft. Je schneller aber eine vorhandene Quantität des Reizes sich im Nerven ausgleicht und einen bleibenden Zustand hervorruft, um so anhaltender muss der Reiz selbst steigen oder fallen, wenn nicht die Erregung stocken soll.

Für die Bewegungsnerven, welche viel bedeutendere Veränderungen verlangen, wird dies überall viel deutlicher hervortreten als für die Empfindungsnerven. Die electrischen Reize, die den Nerven ganz *augenblicklich* durchdringen, werden darum *nur* im Momente ihrer Schwankung sich wirksam erweisen, die mechanischen werden längere Zeit brauchen, bis ihre Veränderungen sich bis ins Innere des Nerven vollständig fortgepflanzt haben, die schwachen chemischen Reize endlich dringen so langsam ein, dass längere Zeit vergeht, bis ihre Wirkung auf den Nerven eine constante sich gleichartig erhaltende und die Erregung

hierdurch beendet wird, wenn nicht eine neue Zufuhr an reizender Substanz neue Ungleichartigkeiten erzeugt. Dies Gesetz ist überall dasselbe, aber die äussere Erscheinung ist verschieden.

Alle Einflüsse, die den Zustand des Nerven zu verändern streben, werden ihn bei dauernder Einwirkung auf irgend eine Weise seinen natürlichen und normalen Verhältnissen, die wir als die für seine Thätigkeitsäusserungen *günstigsten* betrachten, durch die zunehmende Veränderung nach und nach entfremden. Sie werden den Nerven „*schwächen*".

Da die *Reizung* selbst aber nicht allein von der *Grösse* der Veränderung, sondern wesentlich auch von der *Schnelligkeit* abhängt, mit der diese Grösse erlangt wurde, so werden Reize selbst dann schwächen, wenn sie auch nicht *reizend*, d. h. nicht in einer Weise einwirkten, die Empfindung oder Bewegung hervorrufen musste. Die grössere Langsamkeit, mit welcher sie eingreifen, wird, obschon sie die Thätigkeit des Nerven anzuregen nicht im Stande ist, dennoch seine allmähliche Veränderung in der Richtung des Eingriffes nicht verhindern.

Wir haben hier die Störung der normalen Verhältnisse, welche, wenn sie nicht später in der Ruhe wieder ausgeglichen wird, stets von nachtheiligen Folgen ist, ganz allgemein als Schwächung betrachtet. Die durch einen Reiz bewirkte Umwandlung des Nerven setzt aber nicht absolut und momentan seine Empfänglichkeit für andere Reize herab, sondern kann sie sogar für eine Zeit lang steigern. Diese Steigerung tritt je nach verschiedenen Verhältnissen in doppelter Weise hervor.

a) Ein schwächerer Reiz kann im Anfange ganz wirkungslos scheinen und erst nachdem er zwei, drei, vier Male hintereinander in nahezu gleicher Intensität und an derselben Stelle des Nerven angebracht worden, ruft er die ihm eigenthümliche Thätigkeitsäusserung hervor. Zur Erklärung dieser Thatsache können wir uns vorstellen, dass ein kräftiger Nerv mit einer gewissen Zähigkeit an seinem ursprünglichen innern Zustande festhält, der durch den ersten und noch mehr durch den zweiten Stoss gleichsam erschüttert und beweglich gemacht, aber erst durch wiederholte Antriebe bis zu dem Grade umgewandelt wird, dass seine Veränderung sich den andern Geweben mittheilt, von welchen die Thätigkeitsäusserung mitbedingt wird.

Ein Beispiel dieser Art ist uns schon bei dem Electrotonus und der negativen Stromesschwankung entgegen getreten, die sich oft erst nach wiederholter electrischer Reizung in ihrer vollen Kraft entfalteten. Aehnliches werden wir bald bei der galvanischen Erregung der Nerven sehen.

b) Wenn ein Nerv auf einen lange anhaltenden, oder oft und schnell wiederholten Reiz schwächer antwortet, so ist die Wirkung anderer in entgegengesetztem Sinne wirkender Reize erhöht. Die Grösse und Schnelligkeit der Veränderung, welche ein Reiz im Nerven erzeugt, bestimmt wesentlich die Grösse des Erfolges. Je mehr nun ein Nerv durch eine und dieselbe anhaltende Einwirkung gleichsam nach *einer* Richtung hingedrängt worden ist, um so mehr wird die Ausdehnung seiner Beweglichkeit nach dieser Richtung hin abnehmen (Gewöhnung), während er um so grösseren Spielraum für eine Bewegung nach der anderen Seite hin bietet.

Contrastirende Reize sind daher die wirksamsten und zugleich diejenigen, welche durch directe Wirkung am wenigsten schwächen.

Es kommt vor, dass ein Nerv, der nach *einer* Richtung hin erregt war, beim Aufhören der Reizung *durch seine Rückkehr* zum normalen Zustande *in sich selbst* die Wirkung einer in entgegengesetztem Sinne thätigen Erregung erzeugt. So sehen wir, wenn wir lange einen rothen Fleck betrachtet haben, und dann das Auge auf eine weisse Fläche wenden, auf derselben einen dem rothen ähnlichen Fleck, aber in der contrastirenden *grünen* Farbe.

Die durch Reize bewirkte *directe* Veränderung des Nerven ist nicht die einzige Ursache seiner Schwächung in Folge erregender Einflüsse, denn die hervorgerufene *Thätigkeit* selbst wird ebenfalls den Nerven umwandeln, indem sie einen Theil des in ihm vorhandenen Materials verbraucht, oder räumlich anders anordnet. Wir müssen also die stets lokal bleibende *Erschöpfung durch den Reiz* von der Erschöpfung *durch angestrengte Thätigkeit* unterscheiden, die den ganzen Nerven einnimmt.

Die eigentliche Thätigkeit des Nerven zerfällt aber selbst in zwei verschiedene Momente. Die *Aufnahme* des Reizes d. h. die Umwandlung der durch ihn bedingten Veränderung in Bewegungs- und Empfindungsantriebe ist verschieden von der *Fortleitung* derselben. Beide sind „Thätigkeiten" des Nerven, beide müssen Stoff verbrauchen, beide können, und zwar jede für sich, verhindert sein, wie wir dies später nachweisen werden.

Wenn auch der ganz normale Zustand des Nerven für seine Erhaltung der vortheilhafteste ist, so gibt es, abgesehen von der oben berührten Veränderung der Reizbarkeit durch einseitige fortgesetzte Reizung, noch andere, dem lebenden normalen Nerven fremde Verhältnisse, die den Ausschlag nach einzelnen Erregungen *erhöhen* können, weil sie den Nerven veränderlicher machen. Schon ein blossgelegter, und aus seinen Verbindungen zum Theil abgelöster Nerv eines lebenden Thieres, wird sich in dieser Beziehung wesentlich anders verhalten als ein solcher, in welchem die noch unbehinderte Circulation und die ungestörten Ernährungsvorgänge alle empfangenen Eindrücke rasch auszugleichen streben, die sich in jenem mehr summiren können. Daher erklärt es sich, dass der Nerv des lebenden Frosches nur die Schliessung eines kurz angehaltenen galvanischen Stromes durch Zuckung beantwortet, die Wirkungen des Stromes aber, welche den Oeffnungsschlag erzeugen, während des Lebens so rasch neutralisirt, dass der letztere bei mässigen Strömen nicht zu Stande kommt. Sobald die Circulation gehindert oder unterbrochen ist, wird aber auch die Oeffnung eines ziemlich schwachen Stromes eine Bewegung hervorrufen. Ist der blossgelegte Nerv noch etwas länger der Luft ausgesetzt, so müssen die Nervenhüllen trockener werden, sie setzen der Leitung des Stromes einen grösseren Widerstand entgegen; die Ausgleichung wird daher mit grösserer Dichtigkeit in den *inneren* Theilen des Nervenstranges stattfinden, so dass die Zuckung für einige Zeit, bei gleichem hinzutretenden Reize, lebhafter und stärker wird.

Spätere eingreifendere Veränderungen im Stoffwechsel des sterbenden Nerven werden nun bald die Erscheinungen der Reizbarkeit wesentlich modificiren.

Nach dem bisher Erörterten wird es dem Leser klar werden, welche Verhältnisse die älteren Aerzte unter den Ausdrücken „reizbarer Schwäche" und einer „verminderten Receptivität bei erhöhter Reaction" zu bezeichnen suchten.

Da es nicht möglich ist, genau die Grösse verschiedener auf denselben Nerven zu derselben Zeit angebrachter Reize zu messen, da wir nicht wissen, wie viel von den einwirkenden Reizen bei verschiedener Quantität der Reizmittel bis zu den wirksamen Elementen des Nerven selbst vordringt, da wir kein Maass für die bei verschiedenen Bewegungen im Muskel entwickelten Kräfte, oder für die Intensität verschiedener Empfindungen besitzen, da wir nicht angeben können, um wie viel die Leistungsfähigkeit jedes der bei der Aeusserung einer Nervenerregung mitwirkenden Organe durch vorhergegangene Reize und andere Umstände an seiner Empfänglichkeit eingebüsst hat, so dürfen wir nur im

Allgemeinen behaupten, dass stärkeren Erregungen bis zu einem gewissen Grade auch verstärkte Wirkungen entsprechen.

Der Grad, bis zu welchem sich die Wirkungen erhöhen, kann abhängen

1) von dem durch den Nerven zu verändernden Organe selbst, indem es schon bei schwacher Erregung bis zum Maximum seiner sichtbaren Kraftäusserung gesteigert wird. So beantworten z. B. die Muskeln schwache electrische Nervenreize so stark, dass eine Verstärkung der Wirkung bei noch erhöhter Reizung nicht mehr an ihnen zu bemerken ist.

2) Von dem rascheren oder langsameren Eintritt der durch stärkere Reize oder erhöhte Thätigkeit im Nerven bewirkten Erschöpfung. So werden die bewegenden Nerven des Herzens schon durch einmalige mässig kräftige galvanische Anregung für längere Zeit erschöpft.

Die eben gegebenen allgemeinen Andeutungen werden nun ihre Ausführung in der folgenden specielleren Betrachtung einzelner Nervenreize finden.

A. Electrische Reize.

Sie sind die mächtigsten Reize für den Nerven, der für sie noch lange erregbar bleibt, wenn er nach dem Tode alle anderen nicht mehr beantwortet, dies hängt vermuthlich mit den ausgesprochenen electrischen Eigenschaften zusammen, die der Nerv selbst zeigt.

Um den electrischen Reiz auf den Nerven einwirken zu lassen, können wir uns entweder der momentanen, sich rasch und sehr steil abgleichenden Schläge bedienen, die durch Reibungselectricität erzeugt werden, oder wir lassen galvanische Ströme einwirken. In letzterem Falle wird entweder der Kreis einer einfachen ein- oder mehrgliedrigen Kette durch den Nerven geschlossen, und wir erhalten so vereinzelte Zuckungen, oder wir schalten den Nerven zwischen die Electroden einer Maschine ein, welche rasch unterbrochene und beständig sich wiederholende Schläge gibt, so dass die Wirkungen sich zu einer anhaltenden Erregung summiren.

Als einfaches galvanisches Element dienen uns schon zwei an einem Ende leitend mit einander verbundene Streifen von Kupfer und Zink, oder ein *Bunsen*sches Zinkkohlenelement von kleinen Dimensionen.

Nur für wenige, später specieller anzugebende Versuche ist es nöthig, die Wirkung dieser Batterie zu verstärken. Will man dieselbe abschwächen, so kann man sich nach *Ritter's* Vorgang einer mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten gefüllten Glasröhre bedienen, in die der Strom von der einen Seite her mittelst eines metallischen Leiters eintritt. Der Kork, mit dem die Glasröhre auf der anderen Seite verschlossen ist, wird von einem langen Kupferdraht durchbohrt, welcher den Strom aus der Flüssigkeit herausleitet. Je weiter der Kupferdraht aus der Glasröhre herausgezogen wird, eine um so mächtigere Schicht eines schlechten Leiters hat der Strom zu durchsetzen, bis er wieder an das Metall gelangt, und um so mehr wird er geschwächt. Dieser Apparat wirkt mithin als Rheostat.

Um einen discontinuirlichen gleichmässig wiederkehrenden Strom zu erzeugen, bedient man sich des *Neeff*'schen Blitzrades, der Electromotoren oder der Rotationsmaschinen. Am vorzüglichsten sind die als Inductionsapparate mit abwechselnden Strömen wirkenden Electromotoren, falls man nicht beabsichtigt, eine beständig gleiche Richtung des Stromes zu erzielen, in welchem Falle das Blitzrad anzuwenden ist. Da diese Vorrichtungen alle bei hinreichend schneller Aufeinanderfolge der Schläge die Wirkung summiren, so gewähren sie den Vortheil, die Erfolge viel

kräftiger und anschaulicher hervortreten zu lassen, und manche Verhältnisse zu enthüllen, welche bei der verschwindend kurz vorübergehenden Wirkung eines vereinzelten Schlages nie der Beobachtung zugänglich gewesen wären.

Fast unentbehrlich für den Physiologen ist die von *Du Bois* vorgeschlagene Modification des *Neeff-Wagner*'schen Electromotors. Bei diesem sogen. Schlittenapparat kann die inducirte Spirale von der inducirenden in horizontaler Richtung beliebig weit entfernt, und dadurch gradeweise jede gewünschte Schwächung des Stromes erzielt werden. Schwächere Ströme sind aber bei Nervenversuchen stets den stärkeren vorzuziehen, weil dieselben den Nerven weniger rasch erschöpfen, weil sie gegen die so störenden Stromesschleifen und die unipolaren Inductionswirkungen weit eher Sicherheit gewähren.

Da es selbstverständlich bei Versuchen dieser Art vor Allem darauf ankommt, die Reizung auf eine einzelne eng umschriebene Stelle des Nervensystems genau zu beschränken, so hat man sich vor allen Fehlerquellen, welche die Reizung weiter ausdehnen, als im Versuche beabsichtigt worden, mit der möglichsten Sorgfalt zu wahren. Schon stärkere einfache Ketten können, wie wir gesehen haben, in benachbarten nicht direct gereizten Nervenfasern einen secundären Electrotonus und damit secundäre Zuckung hervorrufen. Man hat sich also hier vor allen stärkeren Ketten zu hüten, wenn es beim Versuche darauf ankommt, den Verbreitungsbezirk oder die Wirkungsweise bewegender Nerven kennen zu lernen. Starke Inductionsströme haben aber noch einen ganz anderen Nachtheil, der erst in neuerer Zeit durch *Du Bois* enthüllt worden ist.

Es sind dies die *unipolaren Inductionszuckungen*, welche sich zeigen, wenn bei Stromesschwankungen in der primären Kette eines Inductionsapparates auch nur der *eine* Pol des offenen secundären Kreises ableitend berührt wird. Ist z. B. der Nerv eines Froschpräparates nur mit einem Pol der offenen Inductionsspirale in Verbindung, das Froschpräparat aber und der galvanische Apparat gut isolirt, so kann man die Batterie in Thätigkeit setzen, ohne dass Zuckungen der Froschmuskeln entstehen. Sobald aber diese Muskeln, oder der freie Pol der Spirale, auf irgend eine Weise leitend berührt werden, so entstehen Bewegungen des Froschfusses. Es ist also auf diese Weise ein galvanischer Strom durch die nicht geschlossene Spirale in Anregung gebracht worden. Die auf diese Weise hervorgerufenen Bewegungen werden nicht aufgehoben, wenn man den Nerven in der Mitte seines Verlaufes unterbindet oder zermalmt. Wird aber der Nerv ganz nahe an seinem Eintritt in den Muskel unterbunden, so hören diese Bewegungen (in den meisten Fällen) auf. Der hier betrachtete Vorgang beruht darauf, dass bei Schwankungen des primären Stromes der nicht geschlossene Inductionskreis eine offene Säule vorstellt. Was bei offener Säule möglich ist, kann aber auch bei der durch einen schlechten Leiter nur *unvollkommen* geschlossenen eintreten. Nun sind aber die Nerven sehr schlechte Leiter der Electricität, so dass, wenn nur ein einzelner Nerv eines Gliedes die Inductionskette schliesst, während ein Theil des Gliedes ableitend berührt wird, *alle* Muskeln zucken können, wenn sie auch nicht von dem zu prüfenden Nerven versorgt werden. Man würde auf diese Weise in grobe Täuschungen gerathen, wenn man nicht Sorge trüge, bei der Anwendung von Inductionsspiralen, sowohl die thierischen Theile als die *ganze* secundäre Strombahn vollkommen zu isoliren.

Lässt man die rasch sich folgenden Ströme eines Inductionsapperates durch den Nerven gehen, so wird die gleichmässig dauernde Verkürzung des Muskels nicht erlauben, die Beziehung der verschiedenen Stromesrichtungen und deren Schwankungen zur Erregung des Nerven aufzufassen. Wir müssen uns also zum Studium der sogenannten

Zuckungsgesetze

einer einfachen galvanischen Kette bedienen, die wir beliebig öffnen und schliessen können.

Hier zeigt sich nun als eine ganz allgemeine Wahrnehmung, dass ein gleich bleibender oder nur *sehr allmählich* wechselnder Strom,

welches auch seine Stärke und seine Dichtigkeit sei, in dem mit dem Nerven zusammenhängenden Muskel niemals Zuckungen erregt. Nur wenn der galvanische Strom mit einer gewissen Steilheit steigt oder fällt, kann er *unter sonst günstigen Bedingungen* die Thätigkeit des Nerven hervorrufen.

Ist der Strom so stark, dass er eine sehr kräftige Electrolyse des Nerven bewirkt, so wird der Muskel freilich auch während des unveränderten Geschlossenseins der Kette zucken, dann wird er aber nicht vom electrischen, sondern vom chemischen Reiz erregt.

Die meisten Experimentatoren haben ihre Versuche nicht am lebenden Thiere, sondern an Praeparaten angestellt, deren Erregbarkeit bereits in Folge des Todes wesentlich verändert war. Es konnte daher in neuerer Zeit der Satz aufgestellt werden, dass bei noch vollkommen reizbaren Froschpräparaten die Anregung zur Bewegung um so bedeutender sei, je schneller die Veränderungen des Werthes der Stromdichtigkeit „bei gleicher Grösse vor sich gingen, oder je grösser sie in der Zeiteinheit waren.“ Wir werden zeigen, dass gerade für den lebenden Nerven dieser Ausdruck des Gesetzes nicht genügend ist, und dass eine gleiche und beträchtliche Dichtigkeitsschwankung des Stromes in derselben Zeiteinheit, denselben Nerven bei unveränderter Reizbarkeit bald mächtig erregen, bald unerregt lassen kann.

Schaltet man in den Kreis einer durch den Nerven geschlossenen *sehr* schwachen galvanischen Kette, nach *Ritter*'s Vorgang, ein langes mit Wasser gefülltes Glasrohr ein, durch dessen Deckel sich der Leitungsdrath in ein verschiebbares dünnes Kupferstäbchen fortsetzt, so wird der Strom um so schwächer werden, je weiter man den Kupferstab aus der Flüssigkeit herauszieht. Befindet sich nun an irgend einer Stelle des Stromkreises eine Quecksilberschliessung, so kann man dem Strom zweierlei Arten der Schwankung ertheilen, von denen die durch Aufheben der Quecksilberschliessung erzeugte bis zu Null abfällt. Der erregbare Nerv eines Froschpräparates, der vom Strome durchflossen wird, erzeugt jedesmal eine Muskelzuckung, wenn man den Drath des Moderators, den wir beim Beginn des Versuches ganz in die Glasröhre eingeschoben denken, mit einer gewissen Schnelligkeit herauszieht, und dadurch dem im Nerven kreisenden Strom eine Schwankung von einer gewissen Steilheit ertheilt. Ist der Drath endlich bis zu einer individuell verschiedenen Länge herausgezogen, so werden die Bewegungen des Nervenmuskelpräparates schwächer, und hat diese Schwäche einmal einen hohen Grad erreicht, so kann man das Ausziehen des Drathes bedeutend beschleunigen, also die Schwankungen des Stromes viel steiler machen, ohne dass die Zuckungen wieder ihre frühere Kraft erlangen. Endlich hören an einem Punkte der Stromesschwächung die Zuckungen *ganz auf.* Hier kann man sie Anfangs wieder zum Vorschein bringen, wenn man die Stromesschwankung nun ganz plötzlich durch Aufheben der Quecksilberschliessung auf Null steil herabfallen lässt; zieht man aber den Moderatordrath *noch mehr* aus, so bleibt auch endlich auf einem bestimmten Punkte die plötzliche Unterbrechung und Herstellung des Stromes *wirkungslos.* Geht man umgekehrt mit dem möglichst weit ausgezogenen Drathe allmählich nach dem oberen Ende der Glasröhre, so bemerkt man, dass rasches Vorschieben des Drathes im untersten Röhrentheil, bis zu einem gewissen Punkte hin, keine Zuckungen erregt, dass aber von diesem Punkte an ein viel *langsameres* und beschränkteres Vorschieben die Zukkungen mit verstärkter Kraft erweckt.

Es ist nach diesen Versuchen sehr wahrscheinlich, dass die *Quantität* der den Nerven durchströmenden Electricität ein gewisses, wenn auch verschwindend kleines Minimum übersteigen muss, wenn ihre Schwankungen noch wirksam sein sollen.

Dieser Schluss, so grosse Wahrscheinlichkeit er auch, besonders im Hinblick auf alle anderen nur durch Schwankungen wirksamen Reize besitzen mag, ist übrigens nicht *ganz* sicher. Er beruht auf der Voraussetzung, dass wir wirklich im Stande seien, eine schnellere oder langsamere in sich ganz gleichmässig fortgesetzte Bewegung auszuführen. Nun wäre aber vielleicht der Einwurf zu machen, dass wenn ein langsameres Vorschieben bei irgend einer Stellung des Drahtes Zuckungen erzeugt, wir hier möglicherweise keine langsamere, sondern eine grosse Reihe von, durch längere Ruhepausen getrennten, schnelleren Bewegungen ausgeführt hätten, und dass dadurch eine discontinuirliche Stromcurve mit sehr steilen Segmenten entstanden sei. Dieser Einwurf verliert durch die *Beständigkeit* der oben beschriebenen Erfahrungen allerdings sehr an Bedeutung.

Man hat auch geglaubt, aus den Beobachtungen am Electromotor, wo bei grösserer Entfernung der inducirten von der inducirenden Spirale die Wirkungen auf die Muskeln endlich sehr schwach werden, entnehmen zu dürfen, dass *gleiche* Stromesschwankungen, bei stärkerer Intensität des Stromes, kräftigere Wirkungen hervorrufen. Hiergegen lässt sich mit Recht einwenden, dass, wenn der Hammer auch stets mit gleicher Schnelligkeit schwingt, er ein viel steileres Ansteigen des Stromes bewirken muss, wenn er in einer bestimmten Zeitdauer einen stärkeren, als wenn er einen schwächeren Strom schliesst.

Derselbe Strom, welcher den Nerven stark erregt, wenn er der *Längsachse* desselben mehr oder weniger parallel gerichtet ist, bleibt wirkungslos, wenn er die Längsachse des Nerven rechtwinklig *schneidet*. Dies gilt wenigstens für schwächere Ströme. Bei stärkeren Strömen zeigt sich bei der zuletzt erwähnten Anordnung eine meist sehr unbedeutende Wirkung, die aber nur daher zu rühren scheint, dass abgezweigte Ströme ein Stück des Nerven an- oder absteigend durchfliessen.

Man macht diesen Versuch nach *Galvani* am besten, indem man in den Kreis einen nassen gespannten Faden einschaltet, und den Nerven rechtwinklig dem letzteren auflegt.

Die Wirkung des galvanischen Stromes hängt ab vom Zustande der *Erregbarkeit* des Nerven und von der *Richtung* des Stromes. In dem Maasse als der Nerv sich vom regelrechten Zustande entfernt, haben verschieden gerichtete Ströme auf ihn eine verschiedene Wirkung. Fassen wir vorläufig bloss die bewegenden Nerven ins Auge, an denen diese Verhältnisse leichter zu studiren sind, so zeigen sie, wenn wir die Veränderungen ihrer Erregbarkeit vom Zustande des unverletzten Lebens an bis zu ihrem Erlöschen anhaltend verfolgen, eine in den meisten Fällen wiederkehrende Reihe von Stadien, in denen bald die eine bald die andere Stromesrichtung, bald die Schliessung bald die Oeffnung des Stromes, wirksamer hervortritt.

Der erste, welcher diese Stadien beobachtete, der innerhalb gewisser, von einer unseligen Zeitrichtung ihm aufgedrungenen Gränzen so scharfsichtige *Ritter*, bemerkt schon, dass nicht jeder Frosch die ganze Stufenleiter der Erregbarkeit durchlaufe. Man könne ihn vielmehr, je nach seinen Zuständen, während des Lebens, seiner Todesart etc. sogleich auf einer der tieferen Sprossen derselben antreffen. Im Winter seien alle Frösche auf der ersten Stufe, nach der Begattung sänken sie auf die zweite oder dritte herab, den Sommer über hielten sie sich sogar auf noch tieferen Stadien, um im Herbst ihre Erregbarkeit wieder zu heben. Je höher man in der Thierreihe hinaufsteige, um so tiefere Stufen aus der Reihe der Erregbarkeit böten sich dar.

Starke Ströme setzen nach *Ritter* die Erregbarkeit so augenblicklich herab, dass man bei ihrer Anwendung niemals eine der höheren Stufen beobachte. Je stärker der Strom, um so niedriger sei das Stadium der Erregbarkeit, welches er

zur Erscheinung bringe, während eine schwächere Kette, mit der man die starke schnell genug vertausche, wieder ein höheres Stadium hervortreten lasse.

Es scheint, dass *Ritter*, der nur an todten Thieren experimentirte, die vermuthlich nicht auf ganz kunstgerechte Weise geopfert waren, mit der Zubereitung derselben zu viele Zeit verlor, um bei höheren Thieren oder bei weniger reizbaren Fröschen noch die schneller verschwindenden höheren Stufen der Erregbarkeit anzutreffen, die ich, wenn ich vom Anfang an mit sehr kurzen Unterbrechungen beobachtete, nie vermisste, obgleich die Stufen, welche zwischen der ersten und der von *Ritter* als fünften bezeichneten liegen (siehe unten) häufig nur von kurzer Dauer sind. Die erste Stufe aber, oder die, welche ich als erste schildern werde, kann man bei allen Thieren zu jeder Zeit sehr *lange* beobachten.

Da starke Ströme nach *Ritter*'s treffender Bemerkung die Reizbarkeit zu sehr herabsetzen, so wäre es, wie es den Anschein hat, am zweckmässigsten bei Versuchen über die Zuckungsgesetze den Strom einer einfachen Kette aus einem Elemente so sehr zu mässigen, dass er gerade noch hinreicht, Zuckungen zu erzeugen. Eine solche Verminderung der Stromesdichte hat aber den Nachtheil, dass sie die Steilheit der Stromesschwankung beim Herstellen und Abbrechen des Stromes zu sehr von der Art und Weise abhängig macht, mit welcher wir die Oeffnung und Schliessung vornehmen. Geschieht die Schliessung durch Quecksilber, und haben wir den Moderator so weit ausgezogen, dass eine rasche Oeffnung eben noch eine schwache Spur einer Zuckung erregt, so könnte diese Spur bei der folgenden Schliessung ganz *fehlen,* wenn die Berührung des Quecksilbers mit dem metallischen Leitungsdrath *langsamer* zu Stande kommt, und wir könnten so eine Reihe unterschiedener Wirkungen bekommen, die wir der *Stromesrichtung* irrthümlich zuschreiben, während sie auf einer Verschiedenheit der von uns angewendeten Bewegungskräfte beruht. Je dichter der Strom, um so weniger wird ein solcher Fehler im Stande sein, das Ergebniss zu verhüllen, indem selbst bei langsamerer Schliessung der übermässig anschwellende Strom immer noch Steilheit genug besitzt, um in sonst geeigneten Fällen Zuckungen hervorzurufen.

Ich habe daher bei den folgenden Versuchen entweder den Strom eines der kleinsten gebräuchlichen Zinkkohlenelemente (Kohle mit chromsaurem Kali, Zink mit Salzwasser) oder eine einfache kleine Zinkkupferplatte angewendet, ohne den Moderator einzuschalten. Der Strom war dennoch in keinem Falle so stark, dass er an meiner Zunge deutliche Empfindung hervorrief. Wir werden sehen, dass zwei der gebrauchten Zinkkohlenelemente mit einander verbunden noch nicht hinreichten, bei einem Frosch oder einem Säugethier rasch die Stufe I in II oder III umzuwandeln.

Da auch die verschiedene Länge der eingeschalteten Nervenstrecke auf das Ergebniss von Einfluss sein kann, und in der That manchmal in späterer Zeit nach dem Tode Verschiedenheiten der Wirkung bedingt, so habe ich die Pole stets in einer Entfernung von 3 — 6''' von einander gehalten.

Entblösst man den Nerven eines lebenden Thieres, sei es im ganz unverletzten Zustand oder während des Aetherrausches, nach der Enthirnung, kurze Zeit nach Zerstörung des Rückenmarkes, oder der Durchschneidung des Nervenstammes, bei Fröschen selbst einige Zeit nach Zerstörung aller Nervencentra, wenn *nur die Blutcirculation* gehörig fortdauert, und leitet einen aufsteigenden oder absteigenden Strom von etwa der angegebenen Stärke durch eine Strecke des Nervenstammes, so zucken die Muskeln stets nur beim *Schlusse* des Stromes und nie bei der *Oeffnung* desselben, in welcher Richtung er auch die Länge des Nerven durchfliessen mag.

Das Zuckungsgesetz des normalen lebenden Nerven lautet also:

Zuckung *beim* **Schlusse** *des auf- und absteigenden Stromes.* **Ruhe** *bei der* **Oeffnung** *beider Ströme.*

Dieses Gesetz ist allgemein gültig, wenn die Dauer des Schlusses nicht allzusehr ausgedehnt wird. Ich habe gewöhnlich nur bis zu fünf Sekunden geschlossen und habe bei lebenden Thieren keine Versuche

über länger dauernde Schliessung. Dies Gesetz habe ich bei Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugethieren unter den verschiedensten Verhältnissen, an den verschiedensten Nerven bewährt, und sogar für den facialis des Menschen bestätigt gefunden.

Dieses Zuckungsgesetz des lebenden Thieres, welches alle die bis in die neueste Zeit fortgeführten Discussionen über die Frage abschneidet, welches wohl unter den verschiedenen Zuckungsverhältnissen, die man nach dem Tode gefunden, denen des normalen Nerven am nächsten komme, ist von den meisten Schriftstellern, und selbst von der Mehrzahl der eigentlichen Physiologen, ganz übersehen worden. Nur *Valentin* hat in seinem grösseren Lehrbuch der Physiologie auf dasselbe aufmerksam gemacht. Die übrigen Schriftsteller haben aber die zweite oder dritte Stufe, die man im lebenden Nerven durch *bedeutend* verstärkte Stromeskräfte hervorrufen kann, für die im Leben normal vorhandene genommen. *Ritter's* Ansicht hingegen wird uns später beschäftigen.

Das lebende Zuckungsgesetz gilt, wie ich speciell bemerken will, auch für die *vorderen Nervenwurzeln* in der Rückenmarkshöhle der Frösche und der Säugethiere.

Hat man hingegen alle Arterien eines Gliedes unterbunden, so geht in den entsprechenden Nervenstämmen diese dem lebenden Thiere angehörige Stufe sehr bald und rasch in die zweite und dritte über, um erst auf der vierten wieder einige Zeit zu verharren. Meistens bemerkt man, dass während die Nerven*stämme* schon auf der vierten Stufe angelangt sind, die directe galvanische Reizung der *Muskeln* ein Resultat liefert, das noch der ersten Stufe entspricht. Also Zuckung *nur* bei der Schliessung.

Wenn man auf dem Nerven eines lebenden Thieres einen der stärkeren Ströme, die der vorhandenen Erregbarkeitsstufe noch nicht schaden, peripherisch schliesst, d. h. so dass der Strom den Nerven von den Centraltheilen nach der Peripherie hin durchkreist, so wird natürlich eine Muskelzuckung erfolgen. Oeffnen wir nun den Strom, so haben wir eine eben so starke Stromesschwankung wie bei der Schliessung, nur im entgegengesetzten Sinne, und die Zuckung bleibt aus. Schliessen wir nun gleich darauf central einen bei weitem schwächeren Strom, so wird diese viel schwächere und weniger steile Stromesschwankung wieder Bewegung hervorrufen. Es ist hieraus ersichtlich, dass die Lehre, welche dem erregbaren Nerven eine gleiche Empfindlichkeit für alle *gleich grossen* Stromesschwankungen zuschreibt und die den verschiedenen Erfolg der electrischen Nervenreizung einzig und allein einer steilen Abgleichung des Stromes zuschreibt, sich im Irrthum befindet. Wenn, wie *Du Bois* richtig hervorhob, der stromprüfende Froschschenkel eine Zeit lang jede Stromesschwankung je nach dem Grade ihrer Steilheit beantwortet, so kommen für den *lebenden* Nerven ganz *andere* Verhältnisse in Betracht, *innerhalb* deren freilich die Abgleichungssteilheit wieder zum bestimmenden Moment für die *Stärke* der Zuckung wird.

Hält man sich an die gewöhnlich zur Prüfung benutzten Nervenstämme ausserhalb des Wirbelcanales, so zeigt sich bei aufgehobener oder sehr geschwächter Blutcirculation, dass sehr bald der *aufsteigende* Strom, d. h. der den Nerven von dem peripherischen Punkte nach dem centraleren hin durchfliesst, nicht allein beim *Schliessen* sondern auch beim *Oeffnen* eine, Anfangs schwache, aber rasch an Stärke zunehmende, Zuckung wahrnehmen lässt, und nach kurzer Zeit wiederholt sich ganz dasselbe für die absteigende Strömungsrichtung, so dass wir jetzt beim Herstellen und Abbrechen eines jeden Stromes Bewegung haben. Dies ist der Zustand, der von den meisten neueren Forschern als der normale angegeben wird und der sich längere Zeit erhält. Die Väter der thierischen Electricität, *Volta* und *Galvani,* haben aber, zur Verwunderung ihrer Nachfolger, der Oeffnungszuckung nicht erwähnt, wenigstens nicht in ihren ersten Arbeiten. (Vergl. Du Bois l. c. p. 410.) Die Sache gestaltet sich nun in der Regel so, dass die stärkste Zuckung beim Schlusse des absteigenden und bei der Oeffnung des aufsteigenden Stromes auftritt, und endlich die beiden schwächeren Zuckungen ganz und gar verschwin-

den. Von den beiden jetzt noch vorhandenen Bewegungen ist diejenige die stärkste und die am längsten ausharrende, welche die Schliessung des absteigenden Stromes begleitet.

Longet und *Matteucci* haben beobachtet, dass wenn man statt der Nervenstämme die vorderen bewegenden Wurzeln am Rückenmarke untersucht, das Zuckungsgesetz eine Umkehr erleidet. Die ersten Stufen der Erregbarkeit sind diesen Forschern entgangen, sind aber bereits alle vier Zuckungen vorhanden, so zeigen sich hier im Gegensatz zu den gemischten Nerven, die Oeffnungszuckung des absteigenden und die Schliessungszuckung des aufsteigenden Stromes als die stärksten und später allein übrig bleibenden. Zuletzt ist nur noch Bewegung bei der Schliessung des aufsteigenden Stromes vorhanden. Ich kann diese Beobachtungen nach älteren und neueren eigenen Versuchen an Hunden, Kaninchen, Fröschen und einer Eule vollkommen bestätigen.

Longet und Matteucci bemerkten, dass bei Fröschen diese Umkehr des gewöhnlichen Gesetzes nur am Anfangstheile der Bewegungswurzeln, nicht aber in der Nähe des Ganglion leicht zu erkennen sei. Es rührt dies lediglich von dem Gebrauche zu starker Stromeskräfte her. Eine mässige Kette, wie wir sie hier stets angewendet, zeigt bei diesen Thieren dasselbe Zuckungsgesetz im ganzen Verlauf der vorderen Wurzel.

Auch für die Vorderstränge des Rückenmarks gilt nach *Longet* und *Matteucci* dasselbe Gesetz wie für die vorderen Wurzeln.

Dieses verschiedene Verhalten der vorderen Wurzeln und der gemischten Nerven wird von *Longet* dem Umstande zugeschrieben, dass bei den letzteren die gleichzeitige Reizung der Gefühlsnerven ein anderes Verhalten bedingen könne. Diese Vermuthung scheint mir nicht begründet, denn ich habe für die Wurzeln dasselbe Zuckungsgesetz gefunden, wenn ich die motorischen allein, oder wenn ich sie gleichzeitig mit ihren entsprechenden Gefühlswurzeln über die Platinenden der Electroden brückte. Die Sache änderte sich selbst dann nicht, wenn ich noch die Gefühlswurzeln eines benachbarten Nervenpaares hinzunahm, so dass die gleichzeitige Reizung der Gefühlsnerven bedeutend überwog.

Tiefere Eingriffe verschiedener Art, unter welchen vor allen nach *Valentin* (Grundriss p. 495) der Einfluss intensiverer Kältegrade hervorzuheben ist, können auch die gewöhnlichen Nerven*stämme* des todten Thieres so umstimmen, dass sie nach Art der Nerven*wurzeln* reagiren.

Auch die Nerven, welche fast nur bewegende Fasern enthalten, z. B. der Facialis, der Hypoglossus sollen nach *Longet* und *Matteucci* in Betreff der *Stärke* der beobachteten Zuckung sich den Wurzeln nähern. Es fehlt mir hierüber eine fortgesetzte Reihe eigener Erfahrungen.

Eine tiefere Stufe der Erregbarkeit kann durch längere Erholung manchmal, besonders bei Fröschen, wieder in eine höhere übergehen.

Interessant ist eine Versuchsreihe, die ich im Jahr 1844, auf Veranlassung *Magendies*, gemacht habe. Die Nerven des abgelösten Gliedes eines kleineren Säugethieres, welche schon eine Zeit lang auf der dritten oder vierten Stufe der Erregbarkeit verweilt haben, während ihre letzten Muskeläste sich allerdings noch auf einer höheren befanden, können nach diesen Versuchen wieder auf die zweite und selbst auf die erste Stufe zurückkehren, wenn man in die Gefässe des Gliedes einen dauernden Blutstrom aus den Arterien eines lebenden grösseren Thieres derselben Art leitet.

Junge Thiere bewahren die ersten Stadien der Erregbarkeit zwar mit grösserer Zähigkeit als erwachsene, da ich aber die Versuche nur bei solchen Thieren vergleichsweise unternommen, deren Hirn und Rückenmark plötzlich zerstört worden, ohne dass das betreffende Glied vom Körper abgetrennt wurde, so könnte der Erfolg lediglich der längeren Fortdauer der Circulation zugeschrieben werden.

In der folgenden Tabelle gebe ich eine Uebersicht des Gesetzes der Zuckungen, wie es sich mir nach anhaltenden Beobachtungen der verschiedenen Stadien der Reizbarkeit und ihrer Uebergänge je an einem und demselben Thiere dargestellt hat. In der Regel nahm ich die Prüfungen vier bis acht Stunden lang Anfangs alle fünf später alle zehn Minuten vor. Zuckung wird durch +, Ruhe durch — bezeichnet. Auf die verschiedene Stärke der Zuckungen ist hier keine Rücksicht genommen, da sie nur subjectiv abgeschätzt werden kann, wenn man nicht durch weitere Zurichtungen sich der Gefahr aussetzen will, die Erregbarkeit zu beeinträchtigen.

Stufe der Erregbarkeit.		Strom aufsteig. Nervenstämme.	Strom absteig. Nervenstämme.	Strom aufsteig. Nervenwurzeln.	Strom absteig. Nervenwurzeln.
I.	Schluss	+	+	+	+
	Oeffnung	—	—	—	—
II.	Schluss	+	+	+	+
	Oeffnung	+	—	+	—
III.	Schluss	+	+	+	+
	Oeffnung	+	+	+	+
IV.	Schluss	—	+	+	—
	Oeffnung	+	—	—	+
V.	Schluss	—	+	+	—
	Oeffnung	—	—	—	—

Die drei letzten Stufen stellen für die Nervenstämme das sogenannte *Marianinische* Gesetz dar, und man spricht daher von einer Umkehr dieses Gesetzes bei den Nervenwurzeln.

Man sieht, dass zwischen der dritten und vierten Stufe mit einem Male zwei Zuckungen ausfallen. Es fehlt vielleicht hier eine Stufe, die ich wahrscheinlich wegen ihrer kurzen Dauer nie im Zusammenhang mit der folgenden und vorhergehenden bei systematischer Verfolgung der Zuckungserscheinungen antraf. Es ist kaum anzunehmen, dass die beiden ausfallenden Zuckungen *ganz* gleichzeitig verschwinden. *Einzelne* zufällige Beobachtungen zeigen mir, dass die Schliessungszuckung des aufsteigenden Stromes schon fehlen kann, wenn die Oeffnung des absteigenden noch mit einer schwachen Bewegung beantwortet wird. *Nobili* aber hat in seinem schon 1829 aufgestellten, jetzt fast allgemein angenommenen Gesetz der Zuckungen zwischen seiner ersten Stufe, die unserer dritten entspricht, und seiner dritten, die unserer vierten entspricht, noch eine zweite Stufe als regelmässig erscheinend eingeschaltet, welche lautet:

		Strom aufsteigend	Strom absteigend
II.	Schluss	—	+
	Oeffnung	+	+ (schwach)

Nobili's vierte Stufe ist die, welche wir als fünfte betrachtet haben.

Ganz verschieden aber von den übrigen Forschern hat am Anfang dieses Jahrhunderts *Ritter* die verschiedenen Stufen der Erregbarkeit *nach dem Tode*

reizbarer Frösche bestimmt. Abgesehen davon, dass er angibt, dass die eine Richtung des Stromes nur auf die Streckmuskeln, die andere nur auf die Beugmuskeln einwirke, findet er, dass die höchste Stufe der Erregbarkeit, die dem unverletzten gesunden Leben am nächsten stehe, dadurch charakterisirt werde, dass der aufsteigende Strom nur bei seiner Schliessung, der absteigende nur bei seiner Oeffnung die Beuger errege, die Strecker hingegen sollen auf dieser höchsten Stufe gar nicht electrisch erregt werden können! Erst in *Ritter*'s zweiter Stufe zucken die Strecker schwach bei Oeffnung des aufsteigenden und bei Schliessung des absteigenden Stromes. Diese abenteuerlichen Angaben sind in neuester Zeit theilweise von *Heidenhain* einer neuen Prüfung unterworfen worden, welcher sich nach *Ritter*'s Rath möglichst schwacher Erregungsmittel bediente, indem er den Strom durch einen nassen Faden abschwächte. Wurde der Faden nun so weit eingeschaltet, dass nur die ersten Spuren von Zuckungen am Schenkel des todten Frosches erschienen, so zeigte es sich, dass für den aufsteigenden Strom die Schliessungs-, für den absteigenden die Oeffnungszuckung die stärkste oder *die allein vorhandene* war. Dies stimmt allerdings mit den zwei ersten Stufen der *Ritter*'schen Scala. Die natürlichste Folgerung aus diesen interessanten Beobachtungen ist, dass der Stamm des Froschnerven nach dem Tode des Thieres und nach der keineswegs ganz indifferenten Herstellung des galvanischen Präparates, sich gegen äusserst schwache Ströme anders verhalte, als gegen mässige und gegen starke. *Haidenhein* glaubt hieraus schliessen zu müssen, dass der Nerv, im *natürlichen* Zustande, *der dem des unversehrten Lebens am nächsten stehe*, auf die von *Ritter* angegebene Weise antworte. Bei Anwendung von Strömen aber, die eine gewisse individuell verschiedene Grenze überschreiten, gehe der Nerv in den Zustand über, der dem *Nobili*'schen Gesetze entspreche. Wenn die Stromesstärke von 0 Wirkung ganz allmählich wächst, so treten nach diesem sorgfältigen Beobachter die Zuckungen in folgender Reihenfolge auf:

1) bei Schliessung des aufsteigenden Stromes,
2) bei Oeffnung (seltener bei Schliessung) des absteigenden,
3) bei Schliessung (seltener bei Oeffnung) des absteigenden,
4) bei Oeffnung des aufsteigenden.

Wir haben also nach *Haidenhein*'s Methode bei ganz allmählicher Verstärkung des Stromes folgende Stadien:

Wirkung.	Aufsteigender Strom.	Absteigender Strom.
I.	+ —	— —
II.	+ —	— (seltener +) + (seltener —)
III.	+ —	+ +
IV.	+ +	+ +

Dies sind also nicht (so scheint es wenigstens) verschiedene Erregbarkeitsstadien, die sich, wie in *Ritter*'s, *Nobili*'s und *meinem* Schema, der *Zeit nach* einstellen, sondern vier gleichzeitig nach dem Tode vorhandene Erscheinungsweisen der Reizbarkeit, wie sie bei immer stärker werdendem Reize hervortreten. Es bliebe nun die Aufgabe, die Wirkung jeder einzelnen Reizungsstärke in den verschiedenen Stadien der Erregbarkeit so zu verfolgen, wie ich es für eine mittlere Stärke gethan habe. Die Lösung würde zwar eine unermüdliche Geduld erfordern, aber, so lange es sich nicht um die Nervenwurzeln handelt, keine besondere Schwierigkeiten bieten und durchaus keine experimentelle Gewandtheit in Anspruch nehmen, wir dürfen daher der Erledigung dieser Fragen durch einen der jetzt so zahlreich wuchernden deutschen Electrophysiologen hoffentlich bald entgegensehen. Einige Andeutungen in dieser Beziehung enthält schon der Aufsatz von *Haidenhein*, aus denen hervorzugehen scheint, dass auch schwache Reizung später zu vierseitigen Wirkungen führen dürfte, und dass das Zuckungs-

gesetz im Leben sich auch für die schwächste Reizung wie für die mittelstarke bewährt. Wir haben nämlich schon gesehen, dass die Enden der Nerven die normale Erregbarkeit stets ausserordentlich lange bewahren. Nun findet *Haidenhein* bei beiden Stromesrichtungen für die *Muskeln* (auch nach Vergiftung mit Curare) die *Schliessung* stets am wirksamsten oder selbst ganz allein wirksam. Theoretisch wichtig und sehr interessant ist die von *Haidenhein* bei dieser Gelegenheit gefundene Thatsache, dass wenn ein Nervenstamm und dessen Muskelenden gleichzeitig von demselben galvanischen Strome erregt werden, das gerade im Stamme herrschende Zuckungsgesetz zum Vorschein kommt, wenn im Stamme die Stromdichte vorwiegt. Ist aber die Stromdichte im Stamm und in den Enden gleich, so zeigt sich das normale Gesetz des lebenden Nerven. Eine weitere Verfolgung dieser Erscheinungen dürfte vielleicht, wenn sie sich allseitig bestätigen, zu dem Schlusse führen, dass die Stromesrichtungen, welche den Stamm des Nerven nicht zur Bewegung erregen, weit entfernt wirkungslos zu sein, vielmehr (etwa durch rasch eintretenden Electrotonus) einen *bewegungshemmenden* Einfluss nach den Endästen hin verbreiten.

Wir haben nun noch eine Bemerkung in Betreff des von *Ritter* angenommenen Gegensatzes zwischen der Erregung der Strecker und Beuger bei der Oeffnung und dem Schlusse desselben bewegungserregenden Stromes. Ein solcher Gegensatz existirt allerdings nicht, und es wäre durchaus unphysiologisch, einen solchen anzunehmen. Dennoch beobachtet man häufig Erscheinungen, welche wenigstens erklären können, wie *Ritters* lebhafte Phantasie im Stande war, das in ihr bereits ausgebildete Schema auf die objectiv sich darbietenden Verhältnisse zu übertragen. Gesetzt wir hätten ein Kaninchen, bei dem nach dem Tode das Stadium der vierseitigen Zuckung bereits eingetreten. Bringen wir hier, um alle Muskeln der hinteren Extremität zu erhalten, und um ihre Bewegungen im Ganzen frei hervortreten zu lassen, die galvanische Reizung nicht auf den Stamm der Schenkelnerven, sondern auf den Plexus ischiadicus an, indem wir die Electroden bis auf die Berührungsstelle mit den Nerven überall mit Wachstuch umhüllen. Wir können so die Pole an dem Nerven derjenigen Extremität befestigen, die bei der eingehaltenen Seitenlage des Thieres nach oben gekehrt ist. Beim Schlusse des absteigenden Stromes wird nun die ganze Extremität wie *in die Höhe* geworfen, die äusseren Schenkelmuskeln sind offenbar am meisten in Thätigkeit gerathen, während die anderen Muskelgruppen schwächere Bewegungen ausführen. Bei der Oeffnung des Stromes zuckt ebenfalls der ganze Fuss aber schwächer und der Schenkel wird, ohne sich von dem anderen zu entfernen, mehr nach *hinten* gezogen. In anderen Fällen, wo man die Finger fixirt, werden diese vom aufsteigenden Strom gestreckt und von einander entfernt, vom absteigenden ebenfalls gestreckt und einander genähert. (Dies gilt wenigstens von den äusseren Fingern.) Auf diese Weise zeigen sich mancherlei Verschiedenheiten in der Beziehung der Stromesrichtung zu verschiedenen Muskelgruppen, die mir übrigens, so viel ich gelegentlich erkennen konnte, gar nichts festes und constantes zu haben scheinen, die ich aber auch bis jetzt noch nicht genauer verfolgte. Von einem Gegensatz der Muskelgruppen, je nachdem sie zu einer der gewöhnlich angenommenen Hauptrichtungen der Bewegung dienen, ist aber nicht im Entferntesten die Rede.

Das Hauptinteresse, welches die Verfolgung der Zuckungsgesetze des sterbenden Nerven darbietet, dürfte vorläufig für die Physiologie darin bestehen, dass sie uns den einfachsten Beweis für die schon oben ausgesprochene Ansicht liefern, dass nicht gerade der Zustand des unverletzten Lebens die grösste Reizbarkeit der Nerven bedinge; dass vielmehr manche Antriebe zu inneren Veränderungen des Nerven, denen

während des Lebens das mit grösserer Zähigkeit festgehaltene Gleichgewicht Trotz bietet, sich in einer späteren Periode des Verfalls mit grösserem Erfolge wiederholen können. Diese Versuchsreihen zeigen uns ferner, wie bedeutende innere Veränderungen der Nerv zu erdulden vermag, ehe er seine für uns „wesentlichen" Eigenschaften, d. h. seine Einwirkung auf die Muskelfaser verliert. Denn immerhin bedeutend muss eine innere Umwandlung sein, welche die zu Anfang wirksamsten Reize ihres ganzen Einflusses beraubt, um denselben auf andere Eingriffe zu übertragen, die vom *lebenden* Nerven mit der grössten Gleichgültigkeit aufgenommen wurden. Ich brauche hier nur daran zu erinnern, wie bei den gemischten Nerven die Schliessungs- und Oeffnungszuckung des aufsteigenden Stromes vollkommen ihre Rollen vertauschten.

Electrische Empfindungen.

Die empfindenden Nerven bringen schon eine Reihe von Veränderungen ihres Zustandes zum Bewusstsein, deren Grösse nicht genügt, in den Bewegungsnerven einen Ausschlag hervorzurufen. Es ist schon a priori wahrscheinlich, dass der Nerv, auch während er kürzere Zeit von einem constanten Strom durchflossen wird, fortwährenden Veränderungen ausgesetzt ist. Wir haben diese Veränderung, die der constante Strom in den Nerven bewirkt, auch, wenigstens theilweise, bereits als Electrotonus kennen gelernt, aber das feinste Reagens für dieselben sind die sensibeln Nerven.

Leiten wir einen kurzdauernden Strom durch einen Theil unseres Körpers, so können wir *drei* gesonderte Empfindungen unterscheiden. Eine erste, heftigere, zuckende, während der *Schliessung*, eine sanftere, anhaltendere während des *Geschlossenseins*, und eine der ersten ähnliche bei der *Oeffnung* der Kette. Ein ganz gleiches Verhalten zeigen die Sinnesorgane, indem sie in der ihrem Nerven eigenthümlich zukommenden Ausdrucksweise antworten. Dies gilt wenigstens sicher für Auge und Zunge.

Das *Auge* zeigt einen starken hellen Lichtblitz beim Ein- und Austritt eines Stromes und während des Schlusses eine schwächere Lichterscheinung. Dabei wird von *Ritter* und von *Purkinje,* welche diese subjectiven Erscheinungen bis in's Einzelnste verfolgt haben, bemerkt, dass die beiden Blitze beim Beginn und beim Aufhören des Stromes von eigenthümlichen Farbenerscheinungen begleitet seien. Diese Farben sollen nach *Pfaff, Purkinje* und *Most* bei central gerichtetem Strome viel lebhafter sein, ferner sollen sie sich im Momente der Oeffnung der Kette stets complementär umkehren.

An der *Zungenspitze* ist, nach einer zuerst von *Pfaff* gemachten und von vielen Beobachtern bestätigten Bemerkung, der electrische Geschmack viel stärker, wenn der Strom von hier aus nach dem Rücken der Zunge, als wenn er umgekehrt verläuft. Den Geschmack selbst vermag ich nicht zu definiren, er ist von vielen Schriftstellern als eigenthümlich sauer, von anderen als schwach alkalisch dargestellt worden. Die Geschmacksempfindung dauert während des ganzen Schlusses der Kette und nimmt sogar, wie einige Schriftsteller richtig bemerken, in den ersten Augenblicken nach der Schliessung *noch etwas zu.* Mit dem Geschmacke fand ich aber noch ein anderes eigenthümlich bohrendes Gefühl, welches nur den Anfang und das Aufhören des Stromes begleitete. Die Deutung dieser auffallenden Erscheinungen ist sehr zweifelhaft. Die Vermehrung der Geschmacksempfindung darf nicht ohne Weiteres mit der sogleich zu erwähnenden wachsenden Intensität des electrischen Hautschmerzes verglichen werden. Dieser ist eine sehr unangenehme Empfindung, und alle Gefühle schmerzhafter Art *scheinen* uns bei längerer Dauer zu wachsen; während der fast gleichgültige „electrische" Geschmack diesem Gesetze nicht unterliegt. Es scheint also, dass, bei gleich-

bleibendem Strome, die Ursache der Empfindung auf der Zunge noch eine Zeit lang im Zunehmen begriffen ist, und dass die Geschmackswahrnehmung vielleicht einer vermehrten Polarisation und Electrolyse ihr Dasein verdankt. Die Zunahme wäre dann im Anfang rascher, später langsamer, so dass nunmehr das Wachsen nicht mehr so deutlich wahrgenommen wird.

Es wäre auf diese Weise nicht ungerechtfertigt, wie man dies auch schon früher versucht hat, die eigentlich *electrische* Natur der fraglichen Geschmacksempfindung ganz abzuleugnen, und nur die bohrende Empfindung während der beiden Hauptschwankungen des Stromes als electrisch anzuerkennen. Dies scheint mir dadurch noch plausibler zu werden, dass auch mechanische Reize, deren Wirkungen doch sonst überall so sehr derjenigen der Electricität parallel gehen, an der Zungenspitze *nie* Geschmacksempfindung, sondern *nur* ein bohrendes Gefühl erregen.

Andererseits gibt es kein Mittel, den Verdacht abzuweisen, dass die Empfindungen in der Zunge bei den beiden Hauptschwankungen des Stromes von miterregten Muskelzuckungen herrühren könnten. Freilich wird die Bedeutung dieses Einwurfs durch die Analogie mit den Hautnerven sehr beeinträchtigt.

Ueber die electrische Erregung des Geruchs- und Gehörorgans kann nichts Bestimmtes angegeben werden. Vergleiche übrigens *Du Bois* l. c. pag. 342—45.

Dass die Hautnerven bei dem Schlusse und der Oeffnung der Kette ein viel heftigeres Gefühl angeben, als während des Geschlossenseins, damit stimmen wohl alle genaueren Beobachter überein. Im Oeffnungs- und Schliessungsmomente verspürt man auch das Gefühl zwischen den Applicationsstellen der Pole, und räthselhafterweise am stärksten in der Gegend der Gelenke, während des Geschlossenseins nur an den *Berührungsstellen*, und besonders stark am *negativen* Pole.

Es fragt sich zunächst, rührt die stärkere Empfindung beim Oeffnen und Schliessen vielleicht von Muskelcontractionen her. *Du Bois* stellt dies in Abrede, weil dieselbe Erscheinung noch bei schwachen Strömen bemerkt werde, die keine Zuckungen mehr verspüren lassen. „Wenn man“, sagt er (l. c. pag. 286) „eine Säule von nur 15 bis 20 Plattenpaaren mittelst der benetzten und unverletzten Finger schliesst, so empfindet man einen Schmerz in denselben — über die Finger hinaus und über den Augenblick der Schliessung hinaus empfindet man nichts.“ Da in den Fingern keine Muskeln enthalten sind, scheint ihm diese Erfahrung, die man übrigens bei einiger Aufmerksamkeit auch dann machen könne, wenn bereits Zuckung stattfindet, völlig unzweideutig. Sollte man hier dennoch Erregung der Lumbricalmuskeln befürchten, so stehen mir noch zwei andere dasselbe beweisende Erfahrungen zu Gebote. Ich habe mir den einen Pol eines Zinkkohlenelements, den negativen, in einen sehr empfindlichen hohlen Zahn, den positiven auf den Lippenwinkel gebracht und mich angestrengt, nur auf die Gefühle im Zahn zu achten. Ein äusserst heftiger Schmerz begleitete die Schliessung, ein geringerer die Oeffnung und während des Geschlossenseins fühlte ich ein anhaltendes Brennen. Ich konnte nur eine Sekunde geschlossen halten. Die andere Beobachtung betrifft einen intelligenten alten Mann, der an einer der von *Duchenne* zuerst beschriebenen Gesichtslähmungen litt, bei denen die Muskeln durch Electricität gar nicht mehr erregbar sind. Das Hautgefühl war vollkommen erhalten. Diesen Fall benützte ich, um die eben berührte Frage zu entscheiden. Zwei Hautstellen des Gesichtes wurden mit lauem Wasser befeuchtet, und nach 10 Minuten wurde der nahezu constante Strom eines 36paarigen Zinkkupfertrogapparates durchgeleitet, indem der negative Pol vor das Ohr, der positive auf die Wange kam. Die sensibeln Aeste waren also vorzugsweise absteigend durchflossen. Es wurde ein schiessender Schmerz beim Oeffnen und Schliessen, aber nur ein unbedeutendes Stechen und Wärmegefühl an den Berührungsstellen während des Geschlossenseins angegeben. Der Strom ging eine Minute lang durch, aber von einer Steigerung der Empfindung nach dem Anfang der Leitung konnte nichts wahrgenommen werden. Hingegen ist eine solche wahrscheinlich nur scheinbare Steigerung vorhanden, wenn man wunde, von der Haut entblösste Stellen galvanisirt, weil hier der Schmerz grösser ist.

Marianini und *Matteucci* glauben, durch objective Erfahrungen an Thieren das Verhalten der Empfindung zu verschiedenen Strömungsrichtungen genauer

bestimmen zu können und gelangen dabei zu Resultaten, die zum Theil mit den erwähnten Beobachtungen an Menschen in Widerspruch stehen. Der Schmerz in galvanisirten Nerven ist nach ihrer Angabe vorzugsweise vorhanden bei dem Schlusse des aufsteigenden und bei der Oeffnung des absteigenden Stromes. In meinen Versuchen konnte ich hierüber nichts Bestimmtes erkennen. Sowohl der Schluss als die Oeffnung eines sehr mässigen absteigenden oder aufsteigenden Stromes erregten Empfindung, die sich so individuell verschieden aussprach, dass auf dem von mir eingeschlagenen Wege über ihren Grad nichts zu ermitteln war. Es müssten diese Versuche, um bei Thieren zu einem Resultate zu führen, und ohne Grausamkeit länger fortgesetzt werden zu können, auf dem von *Haidenhein* für die Bewegungsnerven wieder betretenen Wege angestellt werden, und auch hier hat man mit vielen Widerwärtigkeiten zu kämpfen.

Wächst ein Strom nur ganz *allmählich* und langsam an, so wirkt er nicht merklich auf die Empfindungsnerven. Man kann daher nach *Ritters* Vorgang sich allmählich und ohne die geringste Wirkung zu empfinden in die allerkräftigsten Batterien *hineinschleichen*, die dem Körper bei plötzlicher Schliessung den heftigsten Schlag ertheilt hätten, wenn man mit ganz schwachem Strome anfängt und denselben, während er durch den Körper anhaltend fliesst, nach und nach verstärkt.

Secundäre Zuckungen.

Die grosse Empfindlichkeit, welche die Nerven und besonders die Froschnerven sehr bald nach dem Tode für *jede*, fast verschwindend kleine, electrische Stromesschwankung erlangen, hat zu einigen Beobachtungen Anlass gegeben, deren wir bereits im Vorübergehen gedacht haben. Ein Nerv, der in diesem Stadium über einen sich zusammenziehenden Muskel ausgebreitet ist, oder der in einen sich contrahirenden Muskel eingebettet wird, geräth in den Zustand der Erregung, wenn er zwei Punkte des Muskels berührt, deren electrische Gegensätze bei der Contraction eine wesentliche Veränderung erleiden. Es ist dies die *secundäre Zuckung vom Muskel aus.*

Aber die Erregbarkeit sterbender Froschnerven ist noch viel grösser, so dass selbst die Veränderungen in der electrischen Spannung, welche die galvanische Reizung im Nerven hervorruft, einen dem letzteren dicht angelegten Nerven eines stromprüfenden Froschschenkels reizen, und auf diese Weise den Muskel in Zuckung versetzen kann. Dies ist die *secundäre Zuckung vom Nerven aus.*

Man kann so durch Galvanisirung eines einem Grasfrosche entnommenen Nervenstückes die Muskeln eines Wasserfrosches erregen. Die günstigste Lage ist natürlich diejenige, bei der die Länge des stromprüfenden Nerven die Längsfläche und den Querschnitt des gereizten Nervenstückes gleichzeitig berührt, aber auch bei einfachem Nebeneinanderliegen sind solche Erscheinungen beobachtet worden. *Du Bois* hat nachgewiesen, dass es nicht die negative Schwankung, sondern der *Electrotonus* im primär gereizten Stücke ist, welcher hier in Wirksamkeit tritt. Es ist daher nicht zu verwundern, dass man durch andere als electrische Erregungen secundäre Zuckungen vom Nerven aus nicht zum Vorschein bringen konnte.

Wäre in der That, wie man es annahm, die Empfindlichkeit des lebenden Nerven für jede Stromesschwankung noch grösser, als bald nach dem Tode des Thieres, so wäre es schwer einzusehen, wie eine Menge von Muskeln die ihnen angeschmiegten oder sie manchmal durchsetzenden Empfindungsnerven bei der Zusammenziehung nicht erregen sollten und wie nicht viele Bewegungen beständig von heftigem Schmerzgefühl begleitet wären. Eine isolirte electrische Erregung einer empfindenden Nervenwurzel am Rückenmark wäre bei mässig starken Stromeskräften im Leben dann eben so unmöglich, wie sie es nach dem Tode allerdings wird. Wirklich werden wir sehen, dass auch andere als Frosch-

leichenstückphysiologen, durch die Curve der Dichtigkeitsschwankungen auf krumme Wege geführt, manche im Leben beobachtete Erscheinungen irrthümlich durch *secundäre* Nervenerregungen erklären zu können glaubten.

Modificationen der Erregbarkeit durch electrische Erregung.

a) *Durch discontinuirliche Ströme.* Abgesehen von dem Umstande, der wohl nur der äusseren Form nach hierher gehört, dass ein sehr schwach reagirender Nerv oft erst nach zwei bis drei wiederholten Reizungen die Ansprache gehörig beantwortet, haben wir hier an das bereits von *Ritter* erörterte Gesetz zu erinnern, dass stärkere Ströme den Grad der Erregbarkeit stets herabsetzen, so dass man durch ihre Anwendung das Präparat schnell auf eine viel niederere Stufe der Reizbarkeitsscala herunter bringen kann. Wir haben gesehen, dass dies Gesetz auch im Leben gilt, wo grosse Stromstärken fast augenblicklich den zweiten oder dritten Grad unserer Stufenleiter erscheinen lassen und Zuckungen sowohl bei der Oeffnung als bei der Schliessung jeder Stromesrichtung bewirken. Befindet sich ein Präparat in dem Zustande, in welchem es nur noch auf die Schliessung des absteigenden Stromes antwortet, und man wiederholt die Schliessungen und Oeffnungen desselben rasch hintereinander, so werden die Zuckungen immer *schwächer*, um nach einiger Zeit ganz zu *verschwinden.*

Aber merkwürdigerweise hat sich jetzt die bereits verlorene Empfänglichkeit für den aufsteigenden Strom wieder hergestellt, seine Schliessung wird mehrere Male hintereinander von einer starken Zuckung beantwortet, die bald schwächer wird, um nach einiger Zeit fortgesetzten Oeffnens und Schliessens wieder unmerklich zu werden. Jetzt ist aber der entgegengesetzt gerichtete Strom wieder wirksam geworden und so kann man in günstigen Fällen, bei hinlänglichem Schutz vor Vertrocknung, die Stimmungsrichtung mehrfach umkehren. Selbst bei Thieren, deren Circulation erhalten ist, kann man bemerken, dass eine häufig in derselben Richtung wiederholte galvanische Reizung an Effect abnimmt, und die Wirksamkeit der entgegengesetzten Richtung immer mehr hervortreten lässt. *Marianini* ist wohl der erste, der die hier beschriebenen Erscheinungen an galvanischen Präparaten beobachtet hat.

b) *Durch constante Ströme.* Die hierher gehörigen Erfahrungen theilen sich wieder in zwei Reihen, je nachdem man den Strom längere Zeit einwirken liess und die Erregbarkeit erst nach dessen *Aufhören* prüfte, oder je nachdem die Wirkung einer constanten Kette unmittelbar nach ihrem Schlusse und während ihres *dauernden Einflusses* untersucht wurde.

a) Nachwirkung eines dauernd geschlossenen constanten Stromes.

Hier ist wieder zwischen sehr schwachen und stärkeren Ketten zu unterscheiden.

Hat man stärkere Ketten angewendet, so findet man nach einiger Zeit (etwa 20 bis 30 Minuten), dass der aus dem Kreise herausgenommene Nerv unempfindlich geworden ist gegen Ströme, die in derselben Richtung wie der unterbrochene constante gehen und nicht kräftiger als dieser sind. Hingegen hat seine Empfindlichkeit zugenommen für einen entgegengesetzten Strom. War die verändernde constante Kette aufsteigend geschlossen, und gab sie in der ersten Zeit der Einwirkung nur eine Zuckung bei der Oeffnung, so findet man, dass, wenn der Strom so lange eingewirkt, dass die Oeffnungszuckung verschwindet, nun eine Schliessungszuckung dieses Stromes erscheint. *(Eckhard.)* Die Abstum-

pfung eines Nerven für die gerade herrschende Stromesrichtung und die Erhöhung seiner Empfänglichkeit für die Oeffnung und für die entgegengesetzte Richtung kann man mehrere Male hintereinander durch Wechsel der Pole der constanten Kette sich wiederholen lassen. Die Empfänglichkeitsperioden werden dabei immer kürzer und kürzer, worauf man um so mehr achten muss, weil, wenn die Kette *allzulange* geschlossen war; der Nerv alle Wiederherstellbarkeit verliert. Man bezeichnet die hier betrachteten Verhältnisse unter dem Namen der *Voltaischen Alternativen*. Sie sind um so schwieriger nachzuweisen, je weniger die im Leben vorhandene Blutvertheilung nach dem Tode gelitten hat. Im Leben bei bestehender Circulation dauert es mehrere Stunden, bis ein constanter Strom den Nerven für seine Richtung nur einigermaassen abgestumpft hat.

Man hat in neuerer Zeit versucht, den *Nervencentren* die grössere Widerstandskraft der lebendigen Thiere gegen constante Ströme zuzuschreiben, und in ihnen den Sitz des von *Marianini* angenommenen *principe reparateur* der Abstumpfung vermuthet. Versuche an Fröschen nach Zerstörung des hinteren Theiles des Rückenmarks zeigen die Unrichtigkeit dieser Ansicht. (Vergl. d. Abschnitt über die Erschöpfung motor. Nerven.)

Werden *ganz schwache* Ketten angewendet, so hat man die durch *Ritter* zuerst bearbeiteten sogen. „Modificationen durch geschlossene Ketten."

Floss der schwache Strom in dem Nerven aufsteigend, so beobachtet man, dass nach einer verschiedenen Zeit der Einwirkung (15 bis 90 Minuten) seine Oeffnung stets von dem heftigsten Tetanus in den entsprechenden Muskeln begleitet ist, die sich manchmal als Wechselkrämpfe noch eine Zeit lang fortsetzen. Die Stelle, welche vom Strome durchflossen gewesen, zeigt sich jetzt noch für einige Minuten viel erregbarer als vorher, so dass sie durch ganz schwache Reize heftige Bewegung hervorruft. Nervenstämme, welche ihre Erregbarkeit durch übermässige Einwirkung galvanischer Reize verloren hatten, können durch aufsteigende constante Ströme nach *Ritter* ihren Einfluss auf die Muskeln wieder erlangen und auch hier können sogar nach Unterbrechung des constanten Stromes anscheinend spontane Krämpfe auftreten.

Absteigende constante Ströme wirken nach *Ritter* in der Regel deprimirend, es kommt aber im Anfange eines Versuches vor, dass auch *diese* Stromesrichtung *excitirend* wirkt. Die Wirkung des absteigenden Stromes erreicht aber dann nach *Ritter* nie die Grösse, wie die des aufsteigenden. Ferner erreicht die erstere Wirkung früher das ihr mögliche Maximum, so dass, wenn man ihr den Nerven etwas zu lange aussetzt, die Excitation wieder verschwunden ist. Die Wirkung des absteigenden Stromes verschwindet sehr bald, die des aufsteigenden ist nachhaltig. Gebraucht man abwechselnd schwache constante Ströme in beiden Richtungen, so findet man anfangs oft den *absteigenden* wirksam, wenn es der *aufsteigende* nicht ist, sehr bald aber wird der letztere, und zwar ausschliesslich, der die Erregung vermehrende.

Die Angaben *Ritter*'s über den aufsteigenden Strom sind von vielen Seiten bestätigt worden. Was er über den absteigenden Strom mittheilt, ist zwar nicht am Nervenstamm, aber an den im Muskel selbst verbreiteten Nervchen in neuester Zeit durch die Untersuchungen von *Heidenhain* und zwar fast in allen Details wiederholt und thatsächlich bewährt gefunden. Dies ist um so interessanter, als *Heidenhain* die letzte Arbeit *Ritter*'s geradezu unbekannt geblieben zu sein scheint. Wenn wir die Ergebnisse beider Experimentatoren ihrer hypothetischen Hüllen entkleiden und auf das Thatsächliche zurückgehen, so findet sich eine so grosse Uebereinstimmung, als die verschiedenen Versuchsbedingungen nur irgend gestatten. *Heidenhain* liess den constanten Strom auf den *Muskel* wirken, er bedurfte daher einer viel stärkeren Batterie, um in den eingesprengten Nervenfäden auch nur eine sehr geringe Stromdichte zu erzeugen. Wenn *Ritter* die Verschiedenheit

zwischen den beiden Stromesrichtungen viel stärker accentuirt als *Heidenhain*, so ist zu bedenken, dass wenn man einen Strom durch die ganze Länge des Muskels schickt, von einer scharf bestimmten *Richtung* der Strömung in den Muskelnerven gar nicht die Rede sein kann. In der That fasst auch *Heidenhain* seine Untersuchungen von einem ganz anderen Standpunkte auf, als sie hier geschildert worden. Ohne sich darüber auszusprechen, welches Element im Muskel das wieder erregbar gewordene sei, stellt er den Satz auf: wenn ein Muskel auf eine, die materielle Structur nicht zu grob verletzende Weise seiner Leistungsfähigkeit beraubt ist, so dass er auf stark electrische Schläge mit keiner Spur von Zuckung antwortet, so erlangt er seine Erregbarkeit in geringerem oder grösserem Maasse wieder, wenn er kürzere oder längere Zeit auf- oder absteigend von dem Strome einer *Daniell*'schen Batterie von durchschnittlich 25 Elementen durchflossen ist. Dieser Satz wird dann in sorgfältigen Versuchsreihen für gedehnte, für nahezu durch Wärme „starr" gewordene und für durch den Magnetelectromotor erschöpfte Muskeln nachgewiesen. Da es sich, wie man sieht, nur um neuromuskuläre Bewegungen handelt, und da nur die Nerven des Muskels für Electricität erregbar sind, so kann hier nur an Wiederherstellung der Reizbarkeit der Muskel*nerven* gedacht werden.

Ritter hat angegeben, dass die nach constanten Strömen eintretende Excitation, sowie die unter anderen Verhältnissen durch dieselbe Einwirkung hervorgebrachte Depression, nur lokal auf die zwischen den Polen gelegene Nervenstelle beschränkt bleibe. Jenseits dieser Stelle sei aber eine constante Kette nicht ganz wirkungslos. Vielmehr zeige sich hier vorübergehend und spurweise gerade die umgekehrte Wirkung von der, welche zwischen den Polen hervorgerufen werde.

b) *Wirkung eines im Momente der Reizung den Nerven durchfliessenden constanten Stromes.*

Auch hier ist wieder zu unterscheiden zwischen stärkeren und schwächeren Strömen:

Starke Ströme. *Nobili*, *Matteucci* und vor Allen *Valentin* hatten bereits darauf hingewiesen, dass ein constanter Strom, der einen Nerven durchkreist, den letzteren gegen reizende Einwirkungen, die ihn ober- oder unterhalb des constanten Stromes treffen, unempfindlich machen können, aber erst *Eckhard*'s methodische Untersuchungen haben uns mit einem Theil der Bedingungen näher bekannt gemacht, unter denen dies geschieht. Leitet man, sagt *Eckhard*, durch irgend eine Strecke des Nerven den constanten Strom mehrerer *Daniell*'schen Elemente, und reizt oberhalb der genannten Stelle, sei es mechanisch oder chemisch, oder durch die Schwankungen einer Kette, welche *geringere* Stromstärke liefert, als die *hemmende*, wie wir fortan jene nennen werden, so erfolgt durch alle diese Reizung keine Zuckung; sie stellt sich aber sofort ein, wenn man die hemmende Kette öffnet, um mit ihrem Schlusse abermals zu verschwinden. Die Versuche fallen im Allgemeinen ebenso aus, wenn man die Reizung unterhalb der hemmenden Kette anbringt, nur muss für diesen Fall der Anordnung, insbesondere für die electrische Reizung, jene eine beträchtlichere Stärke als früher besitzen.

Eine besondere Berücksichtigung verdienen in beiden Fällen die Stromesrichtungen. Findet sich die hemmende Kette *unterhalb* der gereizten Stelle, und reizt man *chemisch* (mit Kochsalz), so verhindert die absteigende Richtung mit mehr Sicherheit die Zuckung, oder setzt den bereits zuckenden Muskel sicherer in Ruhe, als die aufsteigende. Reizt man durch die Schwankungen einer einfachen Kette, so ist nach *Eckhard* die günstigere Anordnung die, dass beide Ströme den Nerven aufwärts durchziehen. Dies gilt indessen nach meinen Erfahrungen bloss für den Fall, dass beide Ketten eine relativ sehr beträchtliche Stärke haben.

Sind beide sehr schwach, aber noch innerhalb der Grenzen der hemmenden Wirkung, (siehe unten) so ist die Richtung beider gleichgültig. Schwächt man noch mehr ab, indem man stets das relative Stärkeverhältniss beider Ketten wahrt, so kommt man an einen Punkt, wo die Richtung der *reizenden* Kette gleichgültig ist, hingegen nicht mehr die Richtung der unteren hemmenden, die zwar individuell bei den Versuchsthieren abweichend, aber mit sehr grosser Entschiedenheit bald aufsteigend, bald absteigend besser wirkt.

Ist die hemmende Kette *oberhalb* der gereizten Stelle angebracht, und reizt man chemisch, so ist nach *Eckhard* die aufsteigende Richtung die günstigere, für die electrische Reizung verhält es sich wie in der vorigen Anordnung.

Eckhard betrachtet die Wirkung der hemmenden Kette als eine Folge des von ihr hervorgebrachten Electrotonus, der die Theile des Nerven in einer gewissen Anordnung festhalte, so dass sie der Reizung keine Folge leisten können. Eine ähnliche Vorstellung von der Sache hatte schon *Nobili*.

Wenn der Reiz nur gehörig abgeschwächt ist, so kann schon ein einfaches kleines Zinkkohlenelement als *hemmende* Kette wirken, selbst dann, wenn man chromsaures Kali und Salzwasser als Flüssigkeiten anwendet, und die Schliessung und Oeffnung kaum mehr auf der Zunge gefühlt wird.

Ueberschreitet die Intensität des Reizes im Verhältniss zur Dichtigkeit des hemmenden Stromes eine gewisse Gränze, so wird die Wirkung des erregenden Einflusses durch die constante Kette immer noch *abgeschwächt*, wenn auch keine vollständige *Hemmung* mehr eintritt.

Die Hemmung verschwindet nicht ganz momentan mit der Oeffnung der constanten Kette, sondern überdauert sie noch, wie ich stets gesehen, und wie dies auch *Eckhard* in einigen Fällen nicht entgangen, um eine ganz kurze Zeit. Für den Electrotonus gilt dasselbe.

Was besonders auf die Analogie der hemmenden Wirkung und des Electrotonus hindeutet, ist folgender Umstand, den ich zuerst beim hierzu besonders geeigneten langen Schenkelnerven des Hundes beobachtet habe.

Lässt man eine Stelle dieses Nerven von einem constanten kräftigen Strome durchfliessen, und reizt ganz nahe der hemmenden Kette mit dem Magnetoelectromotor, so bleibt alle Wirkung aus. Entfernt man sich nun mit dem Reize von der Applicationsstelle der constanten Kette, so treten allmählich schwache Bewegungen ein, die sogleich stark werden, wenn man die constante Kette unterbrochen hat. Schliesst man letztere wieder, so schwächen sich die Reizbewegungen von Neuem. Entfernt man jetzt die Pole des Electromotor immer weiter von der constanten Kette, so werden die Zuckungen immer stärker und in einer je nach der Kraft der hemmenden Batterie grösseren oder kleineren Entfernung verschwindet ihre Wirkung ganz und gar. Es ist mir häufig vorgekommen, dass ich die constante Kette bis zu dem Maasse verstärkt, dass der ganze Nervenstamm unerregbar war und doch seine Verzweigungen in den Muskeln noch reizbar blieben. Fuhr ich fort die Kette zu verstärken, so konnte ich auch hier die Reizbarkeit noch in vielen Fällen bemeistern, aber es kommt vor, dass die Endverzweigungen des Nerven (wahrscheinlich in Folge sehr complicirter Verästelungen im Inneren der Organe) sich hartnäckig gegen jede Verstärkung der hemmenden Kette behaupten, bis man endlich zu dem Punkte gelangt, wo eine weitere Verstärkung durch Destruction des Nerven schädlich wird.

Die hier beschriebenen Erscheinungen sind ganz analog den gleich anzuführenden, welche *Pflüger* für die sehr schwachen Ketten entdeckt hat. Ehe man diese Verhältnisse kannte, glaubte man in der Anwendung constanter Ströme auf die Nervenstämme ein Mittel gefunden zu haben, die bewegenden Nerven eines Organes sicher unterscheiden zu können, indem der hemmende Strom auf dieselben angewendet, die neuromusculäre Bewegung jenes Organes sistiren werde. Nach dem Vorhergehenden ist es klar, dass ein solcher Schluss nicht gerechtfertigt ist, da häufig die Wirkung der Kette die Nervenenden *durchaus nicht zu erreichen* vermag.

Schon *Nobili* hat den Vorschlag gemacht, die reizungshemmende Eigenschaft der constanten Ströme als Heilmittel in Starrkrampf zu benützen. Allerdings werden Krämpfe einzelner Gliedmaassen durch Einwirkung constanter Ströme auf ihre Nerven beruhigt, und es ist oft zum Erstaunen, wie schwache Stromkräfte hier noch wirksam sind. Ob aber ein Krampf des ganzen Körpers durch Einwirkung auf das Rückenmark mit Erfolg zu sistiren ist, wird in mehr als einer Hinsicht fraglich. Gelingt es, und wird das ganze Mark wirklich unthätig, so wird wohl mit dem Krampf auch die Athmung unterbrochen werden, was jedenfalls die Kur zu einer radicalen machen dürfte.

Schwache Ströme. Wenn man den constanten Strom in sehr hohem Grade abschwächt, so dass seine Schliessung und Oeffnung nur noch eine ganz unbedeutende Zuckung der gegen ihn so ausserordentlich empfindlichen Froschmuskeln erregt, so hat er, wenn er in *einer* Richtung den Nerven durchfliesst, nach *Pflüger's* Entdeckung seine hemmenden Wirkungen gänzlich verloren, und wirkt im Gegentheil erhöhend für die Reizbarkeit, während er, einer *anderen* Richtung folgend, dieselbe herabsetzt. In der Regel (ich fand davon nur eine einzige Ausnahme) ist die Richtung, welche deprimirt, wenn sich der constante Strom *unterhalb* des Reizes befindet, die excitirende, wenn der Strom *oberhalb* der erregten Nervenstelle einwirkt.

Hat man einen Inductionsstrom so sehr geschwächt, dass er an einem Froschapparat bloss eine kaum sichtbare Bewegung der Zehen hervorruft, und man sendet in der Nähe der Reizungsstelle einen constanten, sehr moderirten Strom durch den Nerven, so kommt es vor, dass die schwache Zuckung der Zehen, in Folge des Reizes so lange ausbleibt, bis der constante Strom wieder entfernt ist. Kehrt man nun aber die Richtung des constanten Stromes um, und legt ihn wieder an die frühere Stelle, so wird der Inductionsschlag jetzt nicht mehr nur die Zehe, sondern den ganzen Fuss und oft den Unterschenkel stark bewegen. Zwischen zwei Inductionsschlägen ist alles ruhig, zum Beweise, dass der constante Strom für sich keine Zuckung anregt, sondern nur die hinzutretende andere Reizung verstärkt. Oeffnet man die Kette, so verschwindet die verstärkte Zuckung.

Reizungen, die so schwach sind, dass sie für sich gar keine Bewegung erregen können, bewirken plötzlich Zuckungen, wenn ein excitirender Strom durch den Nerven kreist.

Die Wirkungen dieser Ströme nehmen nach *Pflüger's* richtiger Bemerkung um so mehr ab, je weiter sie sich von der Applicationsstelle des Reizes entfernen. Diese Abnahme erfolgt sehr rasch, rascher als die oben beschriebene für die absolut hemmenden Ströme.

In Betreff der hemmenden und fördernden Stromesrichtung gehen *Pflüger's* und meine Beobachtungen auseinander. *Pflüger* beschreibt 8 Musterversuche, aus denen hervorzugehen scheint, dass wenn man einen schwachen constanten Strom durch den Nerven schickt, die Wirkungen aller Reize, die zur Seite des *negativen* Poles liegen, sich *vermehren*, hingegen alle Reize, die zur Seite des

positiven Poles liegen, an Einfluss *abnehmen.*[1]) Auch ich habe sehr häufig dasselbe Resultat erlangt, ohne es indessen als ein beständiges hervorheben zu können. Denn in einigen Fällen habe ich gerade das Gegentheil gesehen, so dass die Reize am positiven Pol der constanten Kette an Erfolg gewannen und gleichzeitig die am negativen verloren, in einem Falle sah ich erst mehrmals den von *Pflüger* angekündigten Erfolg, der sich aber nach einer halben Stunde umgedreht hatte, und ein Mal sah ich den absteigenden Strom oberhalb und unterhalb des Reizes die Wirkung vermehren und den aufsteigenden sie vermindern.

In Betreff der Nachwirkung dieser schwachen constanten Ketten habe ich Folgendes beobachtet. Im ersten Momente nach der Oeffnung bleibt der Nerv noch in der während der Stromdauer veränderten Stimmung, dann macht sich für eine sehr kurze Zeit die *entgegengesetzte*, obwohl in schwachem Maasse geltend, die durch den constanten Strom verstärkte Zuckung ist jetzt etwas geschwächt, und dann tritt der Nerv wieder in seinen normalen Zustand.

Die hemmende Wirkung der stärkeren constanten Ströme zeigt sich auch im Leben des Thieres,[2]) hingegen ist die excitirende schwacher Ketten bis jetzt nur nach dem Tode beobachtet.

B. Mechanische Reize.

Auch für diese Reize gelten die in den einleitenden Bemerkungen aufgestellten Lehrsätze.

Wenn wir einen Gefühlsnerven rasch und heftig drücken, so wird er eine schmerzhafte Empfindung erregen, deren Form später besprochen werden soll. Druck auf einem Bewegungsnerven bewirkt Muskelzuckung.

Man hat sich bis jetzt nicht bemüht, den Grad und die Schnelligkeit des Druckes zu bestimmen, welcher Nervenerregung hervorbringt. Auch dürfte dies wegen der Gegenwirkung der Hüllen der Primitivfasern und des Neurilems vorerst noch kaum möglich sein. Es ist natürlich nicht darum zu thun, zu wissen, welche Gewalt auf den Nervenstrang drückt, sondern welche mechanische Kraft auf dessen wirksame Elemente trifft. Die Versuche an Thieren wurden bis jetzt meistens so angestellt, dass man mit zwei Fingern einen Nerven comprimirte und die Schnelligkeit und Kraft der Einwirkung der nur ganz im Allgemeinen genügenden subjectiven Schätzung überliess. Froschnerven sind ihres geringen Queerschnitts wegen für diese Versuche völlig unbrauchbar. Man muss sich hier an aetherisirte Säugethiere und Vögel halten.

Druck, der *sehr allmählich* verstärkt wird, kann wie die Electricität im analogen Falle, endlich die Nervenleitung stören oder aufheben ohne Bewegungen hervorgerufen zu haben.

Man kann sich von diesem Satze leicht an Tauben überzeugen, denen man im Aetherrausche die Gefühlswurzeln für den Flügel durch-

[1]) Wie ich so eben aus dem letzten Heft von *Fick*'s medicin. Physik entnehme, hat bereits *Eckhard* in einer mir nicht zugänglichen Schrift kurze Zeit vor *Pflüger* theoretisch ganz die gleiche Ansicht, wie sie aus den *Pflüger*'schen Versuchen hervorgeht, von der Wirkung constanter Ströme aufgestellt und auch für *einen* Fall durch Versuche bewährt. Wenn *Eckhard* nichtsdestoweniger sich später (in *Henle*'s Zeitschrift) gegen die Resultate *Pflüger*'s ausgesprochen, so beruht dies darauf, dass *Eckhard* den Unterschied zwischen der *Leitungsfähigkeit* und der *Aufnahmsfähigkeit* der Nerven verkannte.

[2]) Meine diesen Punkt betreffenden Versuche sind an lebenden Thieren am Ischiadicus nach Zerstörung des hinteren Theils des Rückenmarks angestellt.

schnitten hat. Der Flügel ist noch willkührlich beweglich, wenn das Thier erwacht. Hat man vorher ein seidenes Band um den *Plexus brachialis* gelegt, dass man jetzt sehr vorsichtig und ganz allmählich zuschnürt, so wird endlich der Flügel gelähmt, ohne dass er vorher zuckte.

Auch die Empfindungsnerven können durch Druck in ihrer Thätigkeit gehemmt werden, ohne dass nothwendig Schmerz vorhergehen muss. Sehen wir von zweideutigen Thatsachen ab, so gelingt es uns manchmal durch allmählich verstärkten Druck auf den Ulnarnerven neben dem Ellenbogen eine sehr grosse Stumpfheit des Gefühls in den inneren Fingern der Hand hervorbringen. Lassen wir mit dem Druck plötzlich nach, so entsteht jetzt, während der Rückkehr des Nerven zu seinem normalen Zustand, das prickelnd schmerzliche Gefühl des „Eingeschlafenseins." Es ist analog der Oeffnungszuckung nach dem *Ritter*'schen Hineinschleichen in den electrischen Strom.

Nahezu gleichmässig *angehaltener*, nicht zu starker Druck auf einem Gefühlsnerven bringt Anfangs eine *fortwährende* Empfindung zu Stande, dauert aber der Druck längere Zeit, so wird er endlich nicht mehr wahrgenommen. Vermuthlich empfindet also der Nerv so lange, als er noch durch den Druck irgend mechanisch verändert wird, sobald aber ein bleibender Zustand eintritt, hört die erregte Nerventhätigkeit auf. Nimmt man jetzt den Druck weg, so entsteht von Neuem Empfindung, die sich aber von der früheren wesentlich unterscheidet.

Schon *Galen* wusste, dass man den Bewegungsnerv eines Thieres durch mässigen Druck *vorübergehend lähmen* kann, und dass er, wenn man nur das rechte Maass der Einwirkung getroffen, nach Aufhebung der Compression fast augenblicklich wieder thätig wird. Auch die Nervencentra können durch Druck in ihrer Function gestört werden, ohne mechanisch destruirt zu sein. Aufhebung des Druckes lässt ihre Thätigkeit zurückkehren.

Druck auf die nachgiebigen Knochen des Hinterkopfes ist es, welchen nach *Geoffroy St. Hilaire (Description de l'Egypte, Vol. 24)* die ägyptischen Zauberer anwenden, um die dortigen grossen Giftschlangen (*Naja Haje*) plötzlich steif zu machen, so dass sie im Starrkrampf, wie ein Stock geschwungen werden können. Bekanntlich wird erzählt, dass die Priester Pharao's schon Moses mit diesem Kunststück in Verlegenheit setzen wollten, der es ihnen aber schon vor *Geoffroy* abgelauscht hatte. Der Letztere hat übrigens auch mit Glück diesen Versuch gemacht.

Die *Hemmung* der Nerventhätigkeit setzt eine grössere Druckkraft voraus, als die *Erregung* des Nerven. Wenn also jene nicht nur auf dem Wege mechanischer Destruction erzielt werden kann, so wird auch diese, die Erregung durch Druck, mit einem späteren Fortbestehen der Nervenerregbarkeit nicht, wie man manchmal behauptet hat, unverträglich sein.

Ausserdem beweisen aber eine Reihe von Experimenten aus älterer und neuerer Zeit, dass, wenn man einen Nerven einem während einer gewissen Zeit anhaltend oder mit kurzen Unterbrechungen mässig rasch *zunehmenden* Drucke aussetzt, die sich schnell wiederholenden Muskelbewegungen bis zu einer tetanischen Zusammenziehung summirt werden können. Dies ist z. B. bei dem bekannten Versuche der Fall, den Nerven eines Froschpräparates durch einen Faden immer mehr und mehr einzuschnüren.

Schwankungen der Druckstärke können aber auch dann Tetanus erregen, wenn sie nicht von einer beständigen Zunahme herrühren, sondern von einem beständigen Aufhören und Wiederkehren desselben

Druckes. Auch Wechselkrämpfe und ähnliche Zustände hat man schon im vorigen Jahrhundert auf ähnlichem Wege zu erläutern gesucht.

Der Druck scheint aber auch nicht reizen zu können, wenn er allzu rasch und überaus schnell den betroffenen Nerventheil zerstört. Man kann mit einem sehr scharfen Messer einen blossgelegten Nerven sehr rasch durchschneiden, ohne Bewegung zu erregen. Dieser Versuch, der bereits den älteren Forschern bekannt, in neuerer Zeit mehrfach bestätigt wurde, scheint zu erklären, warum bei einer geschickt ausgeführten Enthauptung der Rumpf fast unbeweglich bleibt, während eine langsamere Durchschneidung des Markes an derselben Stelle heftige Krämpfe herbeiführt. Unzweideutiger noch ist das schwer auszuführende Experiment den Nerven eines Froschfusses auf einem Ambos mit einem einzigen Hammerschlage zu zermalmen, wobei die Muskeln ruhig bleiben.

Ausser dem Drucke gibt es noch zwei Arten reizender mechanischer Einwirkungen, die *Dehnung* und die *Erschütterung*. Um die Dehnung ohne äusseren Druck vorzunehmen, muss man den lospräparirten Bewegungsnerven unterbinden und oberhalb der Unterbindung festhalten. Man erkennt auf diese Weise, dass ein geringer Grad von Dehnung des Nerven weder Bewegung hervorruft, noch den Nerven ertödtet. Höhere Grade von Dehnung, die schon Bewegungen erzeugen, wirken noch nicht zerstörend. Dehnt man den Nerven noch mehr, so geht die Reizbarkeit für einige Zeit verloren, stellt sich aber allmählich wieder her. Ein Nerv, der (bei grösseren Thieren) in Folge von Dehnung dauernd verlängert scheint, kann wieder erregbar werden. Eine noch weiter getriebene Dehnung zerstört endlich den Nerven vollständig, so dass er sich nicht mehr in der Ruhe erholt.

Auch hier zeigt sich wieder, dass wenn man die Dehnung mit einer gewissen Langsamkeit ausführt, der Nerv ohne Reizung bis zum Verlust der Erregbarkeit verändert werden kann. Auch eine sehr rasch ausgeführte Dehnung eines Nervenstückes scheint die Erregbarkeit rascher zu zerstören, als Zuckungen entstehen. Wenigstens habe ich gesehen, dass wenn man unter einen Stamm des *Plexus brachialis* einer Taube ein dickes, langes Stahlstäbchen führte, dann das Thier aus dem Aetherrausche erwachen liess und nun sehr rasch, während die Taube festgehalten wurde, das Stäbchen an beiden Enden nach oben bewegte, so dass der Nervenast mit einem kräftigen Ruck vom Marke abgerissen wurde, im entsprechenden Flügel keine Bewegung entstand: das abgerissene Nervenstück war durchaus nicht mehr erregbar.

Die Erschütterung scheint auf complicirtem noch nicht näher aufgeklärtem Wege zu wirken, sie erstreckt übrigens, so viel bis jetzt bekannt, ihren Einfluss meistens nur auf die Centralorgane und nur *mittelbar* durch diese auf die peripherischen Nerven. Wenn man einen enthaupteten Frosch mit Gewalt auf den Boden wirft, so geräth der ganze Körper in Starrkrampf oder in anhaltendes Zittern. Trennt man die Nerven eines Gliedes vom Rückenmark, so wird der dem Einfluss der Centralorgane entzogene Theil augenblicklich beruhigt, man kann dann noch mehrmals die Erschütterung in demselben Grade einwirken lassen, den ganzen Körper in die heftigsten Krämpfe dadurch versetzen, aber das Glied mit durchschnittenen Nerven wird daran nicht theilnehmen. Nur bei einigen sehr erregbaren Winterfröschen sah ich Ausnahmen von dieser Regel. Wirkt die Erschütterung in noch höherem Grade ein, so wird der Frosch vorübergehend betäubt, alle Reflexthätigkeit des Rückenmarks ist für eine Zeit lang erloschen, bis er nach einiger Zeit die ersten Zuckungen zeigt, die dann ziemlich rasch zunehmen. Der höchste Grad

der Erschütterung bedingt völligen Tod, ist aber stets mit Zerreissungen und Blutungen complicirt, so dass es nicht leicht wird, zu entscheiden, ob ohne diese das Nervensystem seine Thätigkeit nicht doch wieder hergestellt hätte.

Die Erscheinungen der Erschütterung sind nicht, wie man geglaubt hat, wesentlich durch Anomalien der Circulation mitbedingt, denn sie zeigen sich selbst bei Fröschen, denen man nach der Enthauptung das Herz ausgeschnitten hat. Am reinsten sieht man die Commotion und am häufigsten kann man sie ohne weiteren Schaden für das Thier sich wiederholen lassen, wenn man einen lebenden Frosch mit vieler Kraft in ein recht tiefes Gefäss mit Wasser wirft, so dass er mit dem Rücken auffällt. Ich habe die hier eintretende Ohnmacht sogar schon als Betäubungsmittel statt des Aethers bei zu operirenden Fröschen benützt. Bei Säugethieren ist der zweite Grad der Erschütterung selten rein vorhanden. Hier finden sich meist schon Zerreissungen innerer Organe.

C. Thermische Reize.

Die sensibeln Nerven, deren grössere Erregbarkeit wir jetzt schon öfter hervorgehoben hatten, können jeden Grad der Temperaturschwankung empfinden. Sie fühlen, wie *Weber* zuerst gezeigt hat, nicht ihre momentane Temperatur, sondern die Veränderung derselben durch äussere Einflüsse. So lange unsere Hand beständig kälter wird, haben wir an derselben das bekannte Kältegefühl, hat sich aber ihre Temperatur endlich ausgeglichen, so fühlen wir die Kälte nicht mehr und sie kommt uns nicht zum Bewusstsein, bis wir einen wärmeren Theil unseres Körpers mit der kalten Hand berühren. Ebenso ist es mit der Wärme. Ein kaum geheiztes Zimmer kann uns im Winter in dem Augenblick, wo wir in dasselbe eintreten, übermässig warm vorkommen.

Die bewegenden Nerven brauchen aber, um auf die Muskeln zu wirken, viel mächtigere Antriebe. Halten wir uns an die Froschnerven, die wir in Wasser erwärmen, so finden wir, dass der Wärmereiz gerade wie der electrische, selbst dann schon die Reizbarkeit nach und nach verändern und den Nerven in hohem Grade schwächen kann, wenn er nicht in so mächtiger Schwankung und Grösse einwirkt, um Zuckung zu erregen. Schon ein geringer Wärmegrad (etwa 37—40°) kann, wenn er nur lange genug einwirkt, den Froschnerven allmählich ertödten. Bei der Electricität haben wir gesehen, dass die Quantität jenseits deren Dichtigkeitsschwankungen den Nerven erregen konnten, eine sehr geringe war. Bei der Wärme hingegen ist diese untere Gränze für die Erregung sehr weit hinaus gerückt. Erst bei 54° bewirkt (in der Regel) die Temperatur Zuckungen. Diese Zuckungen sind nun meist von kurzer Dauer, weil sie sogleich aufhören, so wie der Nerv die umgebende Temperatur erreicht hat. Nimmt man aber, sobald die Zuckungen aufgehört haben, den Nerven aus dem warmen Wasser heraus, so findet man, dass er in vielen Fällen an der eingetaucht ten Stelle schon dauernd reizlos geworden, und durch den starken thermischen Eingriff bereits abgestorben ist *(Eckhard)*. Es kann aber vorkommen, dass der *wieder erkaltete* Nerv von Neuem in Wasser von 54° C. getaucht, noch einmal Zuckungen bewirkt; obschon man in diesen Fällen keine Bewegung erhält, wenn man den Nerven, nachdem er in Wasser von 54° zum ersten Male erregt war, sogleich in Wasser von etwa + 5° bringt, seiner Temperatur also eine viel grössere (rückgängige) Schwankung ertheilt, als die anfängliche war. Es zeigt sich

demnach auch hier, dass wie bei der electrischen Reizung der lebenden Nerven, die *Grösse* der Schwankung erst secundär die Reizungsgrösse bestimmt, wenn ihre Richtung und die Quantität des Reizes günstig gestellt sind.

In manchen Fällen erscheinen die Zuckungen schon bei 45° C., gewöhnlich aber bildet 54° die untere Gränze für die thermische Erregung. Ein Nerv, der im Wasser von 54° einige Bewegungen bewirkt und nun *sogleich* herausgenommen und sehr rasch wieder eingetaucht wird, bleibt ohne weitere Erregung, tauchte ich ihn aber eben so schnell jetzt in Wasser von 60°, so entstanden *stärkere* Zuckungen, und der Nerv verlor schnell alle Reizbarkeit.

Hat ein Nerv in warmem Wasser seine Erregbarkeit verloren, so kann er bei niederen Temperaturen bis zu etwa 40°, und bei nicht zu langer Einwirkung sich nach dem Herausnehmen aus dem warmen Wasser wieder erholen.

Auch Erkaltung der Nerven unter ein gewisses Maass hat Erregung zur Folge. Die obere Gränze für die erregende Kälte liegt nach *Eckhard* bei — 3 bis — 5° C. So erkaltete Nerven sind nicht ertödtet.

E. H. Weber hat gezeigt, dass auch die menschlichen Hautnerven bei einer Wärme von 41° und bei einer Kälte von unter 0° ihre Empfindlichkeit vorübergehend einbüssen. Um den Nerven diese Temperaturen mitzutheilen, tauchte er seinen Ellenbogen in Flüssigkeiten von dem bezeichneten Wärmegrad. Die gerade unter der Haut verlaufenden Fingernerven mussten auf diese Weise erwärmt oder erkaltet und die Empfindlichkeit der Finger verändert werden.

D. Chemische Reize.

Die meisten dieser Reizmittel scheinen den Nerven noch langsamer zu durchdringen, als die thermischen. Der Nerv braucht daher bei einer bestimmten sich gleich bleibenden Quantität des chemischen Reizes noch längere Zeit, bis die durch ihn angestrebte Veränderung bewirkt ist.

Auf die sensibeln Hautnerven wirken *fast* alle chemisch differenten Stoffe mehr oder weniger heftig ein, und sie erzeugen Empfindungen auf den von der Oberhaut entblössten Stellen. Aber nur einige dieser Körper erregen die Muskelnerven mit solcher Kraft, dass sie Bewegung zu erzeugen im Stande sind, Andere *verändern* den Nerven auch und führen *allmählich* den *Tod* desselben herbei, aber die Veränderung geschieht nicht mit der Energie und der Schnelligkeit, dass Zuckung dadurch entsteht.

Kali und Natronlösungen, sowie sehr concentrirte kaustische Ammoniakflüssigkeit, sind, wie wir schon durch *Humboldt*'s Untersuchungen erfahren, heftige Reizmittel für die motorischen Nerven. In Lösungen von 2% oder noch concentrirter auf den Nerven angewendet, erregen sie nach *Eckhard*'s Versuchen stets Zuckung, in geringerer Concentration erfolgt ihre Wirkung manchmal, aber nicht ganz beständig.

Es beruht vielleicht auf mangelhafter Bestimmung des Procentgehaltes, wenn in neuester Zeit angegeben wurde, in 68 Versuchen habe 5% Kalilösung 47 Male nicht gewirkt. Ich habe nicht einen einzigen Fall gesehen, wo 5% Kalilösung nicht sehr heftige Zuckungen erregte. Es kommen gewöhnlich nur sehr wenige Zuckungen, unter denen man eine erste sehr starke unterscheiden kann, die von der Berührung des Nervenquerschnitts durch die reizende Flüssigkeit entsteht,

und dann einige schwächeren Zuckungen bei weiterem Eintauchen der Nervenstrecke in die Lösung. *Eckhard* hat den Nerven gleich nach dem Aufhören dieser Bewegungen todt gefunden (so weit er eingetaucht war) und schliesst hieraus, dass chemische Reizmittel nur dann Zuckungen bewirken, wenn sie den Nerven ertödten. Die Beobachtung ist für starke Lösungen richtig, aber der Schluss scheint sehr unsicher, denn ich habe gesehen, dass in Fällen, wo ausserordentlich verdünnte Kali- und Natronlösungen Nervenreizung und Bewegung erzeugten, der Nerv nach Vollendung der Zuckungen noch reizbar gefunden werden kann, so dass jetzt eine galvanische Reizung des vorher eingetauchten Nervenendes dieselben Muskelpartien erregt, die früher unter dem Einfluss des Alkali zuckten. Die Veränderung im Nerven, die als chemische Reizung hervortritt, braucht daher nicht immer so weit zu gehen, dass sie den Nerven ganz unerregbar zurücklässt.

Auch 20 % Salpeter und Salzsäure, 50—60 % Schwefelsäure, Metaphosphorsäure, erregen nach *Eckhard* den Nerven im Momente ihrer Anwendung, um ihn nach Erzeugung weniger Zuckungen zu tödten.

Ich gestehe, dass ich in den letzten Jahren seit dem Erscheinen der *Eckhard*'schen Abhandlung keine Versuche mehr über die chemische Reizung gemacht habe. Eine Versuchsreihe aber, die ich vor 8 Jahren über diesen Gegenstand angestellt, zeigte mir die concentrirteren Mineralsäuren (nach Vorschrift der preussischen Pharmacopoen bereitet) in dieser Beziehung *unwirksam*, sie tödteten den Nerven rasch und ohne Zuckung. Zu demselben Resultate war schon vor Jahren *Alex. v. Humboldt* gelangt. Es steht dahin, woher diese Differenz in den Ergebnissen kommt.

Alkohol wirkt auf ähnliche Weise, er muss jedoch sehr concentrirt und etwa 90 % sein.

Eine Reihe anderer Stoffe, zu denen die alkalischen Salze, auch die kohlensauren Alkalien und Kochsalz, ferner sehr concentrirte Zuckerlösungen gehörten, bewirken ebenfalls Zuckung, aber nur sehr langsam. Die Bewegung ergreift mit mehr oder weniger Heftigkeit einzelne Muskelbündel, und allmählich eine immer grössere Zahl derselben, so dass die ganze Zuckung entweder einem durch Flimmern unterbrochenen Starrkrampfe oder einem einfachen raschen Flimmern ähnlich wird. Diese Zuckungen können ½ bis 5/4 Stunden anhalten. Auch Harnstofflösungen wirken auf gewöhnliche Weise. *(Kölliker.)*

Wenn man, während die Zuckungen noch schwach im Gange sind, den Nerven aus der Salzlösung herausnimmt, und ihn von Wasser abspülen lässt, so zeigt er sich noch ganz reizbar und erzeugt merklich verstärkte Zuckungen, wenn er wieder in Salzlösung gebracht wird. Die Zuckungen selbst sind also *nicht*, wie man geglaubt hat, durch den Tod der erregten Nervenfasern bewirkt. Diese Folgerung wird noch dadurch unterstützt, dass eine genaue Beobachtung des Muskels zeigt, dass, während Kochsalz auf den Nerven einwirkt, derselbe Muskelfaser mehrfach in Bewegung gerathen kann. Wartet man hingegen, bis *jede Spur* von Bewegung des Muskels gänzlich vorüber ist, so findet man (ich habe nur Reizung durch Kochsalz geprüft) den Nerven todt, und er kann durch Waschen mit Wasser nicht mehr erweckt werden. *(Eckhard.)*

Diese zuletzt mitgetheilten Beobachtungen scheinen mir geeignet, den Streit zu schlichten, welcher sich neuerdings über die Frage erhoben hat, ob man durch Wasser den Einfluss von Salzlösungen auf die Nerven wieder aufheben könne. Es gelingt dies jedes Mal, wenn die vom Salz tendirte Veränderung des Nerven erst im Entstehen ist.

Eine besondere Berücksichtigung verdient nun der Einfluss des *Wassers* auf die Nerven, da dasselbe in die Zusammensetzung der Gewebe in gewissem Verhältnisse mit eingerechnet, die Energie der Nerven verän-

dert, wenn das normale Maass nach einer oder der anderen Seite hin überschritten wird.

Wirkt *Wasser* auf die Nervenstämme, so mindert sich, wie *Kölliker* angegeben, ihre Reizbarkeit bei Weitem rascher, als wenn sie in feuchter Luft aufbewahrt werden. Sie quellen dabei stark auf und hat sich endlich alle ihre Erregbarkeit verloren, so können sie wieder zur Thätigkeit erweckt werden, wenn man ihnen sehr bald auf sonst unschädliche Weise Wasser entzieht. Dies geschieht am besten dadurch, dass man die Nerven in eine concentrirte Zuckerlösung legt.

Das durch die fetthaltige Markscheide nur sehr langsam eindringende Wasser verändert also den Nerven so *allmählich*, dass dabei keine Zuckungen entstehen. Wirkt aber Wasser auf die der Markscheide entbehrenden Nervenenden im Innern des Muskels, so wird es nothwendig viel *rascher* eindringen und daher vor der Ertödtung des Nerven stürmischere Reizungserscheinungen hervorrufen. Daher erklärt es sich denn, dass, wenn man Wasser in die Arterien eines Gliedes spritzt, sich alle betroffenen Muskeln jedesmal krampfhaft zusammenziehen, daher das Zittern des Muskels, wenn man ihn in destillirtes Wasser legt. Brunnenwasser, welches wegen der Salze, die es in Lösung hält, nicht so rasch eindringt, ruft viel weniger intensive Reizung hervor.

Dass das hier beschriebene Muskelzittern nach Wasserinjectionen in die Gefässe wirklich vom Nerven und nicht vom Muskel selbst abhängt, lehrt am besten folgender Versuch. Man bereite sich eine constante galvanische Kette von ziemlich grosser Kraft vor, die indessen nicht stark genug ist, während ihres Geschlossenseins Zuckungen durch Electrolyse zu unterhalten. Bei einem eben getödteten Frosche legt man nun ohne Verletzung der Gefässe eine Strecke des Nervus ischiadicus bloss, durchschneidet denselben hoch oben, und umschnürt dessen peripherisches Stück nahe der Durchschneidungsstelle mit einem seidenen Faden, der aus der Wunde heraushängt. Jetzt wird destillirtes Wasser vom Herzen aus in die Gefässe des Thieres injicirt und sobald die Zuckungen der Muskeln beginnen, wird der Nerv in die Höhe gehoben und der Wirkung der constanten Kette ausgesetzt. Augenblicklich, wenn die Kette kräftig genug ist, ruhen die Muskeln an dem einen galvanisirten Fusse, an dem anderen aber zucken sie weiter. Hebt man die Pole auf, so sieht man, wenn man nicht zu lange gewartet, häufig wieder die Zuckungen auch auf der operirten Seite wieder anfangen, ja man kann sie mehrmals unterbrechen und wieder entstehen lassen. Das mikroskopische Verhalten der Nervenenden im Muskel kann also erklären, warum sich das destillirte Wasser gegen sie anders verhält, als gegen die Nervenstämme. Dass die Vergiftung mit Curare (nach *Wittich*) die geschilderte Wirkung der Wasserinjection in die Arterien nicht hindert, ist ein neuer Beweis dafür, dass, wie wir es bereits oben ausgesprochen, dieses Gift nicht auf die äussersten Nervenenden einwirkt.

Anders wirkt die Eintauchung in Wasser auf einen durchschnittenen Nerven, anders auf das mit einem sehr scharfen Instrumente durchschnittene Rückenmark. Der dünne querdurchschnittene Nerv lässt die breite Markscheide der einzelnen Fasern hervorquellen, so dass auch am Schnittende das Wasser keinen freien Zutritt findet. Das breite Rückenmark hingegen scheint eher *scharfe* Querschnitte zu gestatten, denn bringt man destillirtes Wasser an die Schnittfläche, so sieht man häufig die Muskeln, deren Nerven mehr nach hinten abgehen, theilweise gerade so in Zittern gerathen, wie nach Wasserinjection in die Gefässe. Es liegt hier eine directe Wirkung auf die Bewegungsfasern vor, denn wäre es Reflex von den Empfindungsfasern, so müssten auch bei Benetzung der hinteren Schnittfläche des vorderen Rückenmarkstheiles mehr nach vorn gelegene Muskeln zucken, indem die Empfindung gegen den Kopf hin fortgeleitet wird. Dies ist aber nicht der Fall. Die schwächeren, weniger elastischen Hüllen der centralen Primitivfasern scheinen die Markscheide nicht so hervorzutreiben wie die Hüllen der peripherischen Fasern, und daher wird hier das centrale Gebilde zugänglicher.

Wird dem Nerven auf irgend eine Weise Wasser entzogen, so geräth, wenn die Vertrocknung mit einer gewissen Schnelligkeit geschieht, der Muskel in anhaltende Zuckungen, welche indess, wie ich mehrfach gesehen habe, vermieden werden können, wenn die Vertrocknung mit einer gewissen Langsamkeit vor sich geht, wenn man den Nerven anfangs einer mehr mit Wasser gesättigten und dann einer immer trockneren Atmosphäre aussetzt. Es zeigt sich also, dass die Ansicht, welche irgend eine zufällig gefundene Verminderung des Wassergehaltes mit dem Auftreten der Zuckungen im Muskel in Verbindung bringt, auf irrigen Grundlagen fusst. Nicht der absolute Wassergehalt, sondern die Schnelligkeit seiner Verminderung ist es, welche die Reizung erzeugt.

In einer so eben erschienenen kleinen Schrift von *Birkner* ist der Wassergehalt der Nerven mit ihren verschiedenen Reizbarkeitsverhältnissen verglichen worden. Um die Reizbarkeit zu prüfen, hat sich der Verfasser auf den Rath von *Harless* der *Ritter*'schen mit Wasser gefüllten Röhre auf dieselbe Weise bedient, wie ich selbst es vor einigen Jahren gethan, um die schwächste noch irgend wirksame electrische Reizung auf den Vagus einströmen zu lassen. Es zeigte sich, dass wenn der Nerv eine Zeit lang getrocknet hatte, der Stift des Moderators bei weitem mehr ausgezogen, also der reizende Strom *sehr geschwächt* werden musste, um gerade die Gränze der Reizbarkeit zu finden. Der Verfasser schliesst daraus, dass wenn der Nerv in einer Luft von 15—16° C. (bei welchem Wassergehalt?) trocknet, die Reizbarkeit der Nerven allmählich stieg, um nach 10 bis 12 Minuten ihren Culminationspunkt zu erreichen, auf welchem sie 25 bis 30 Minuten verweilte und dann sehr rasch auf den Nullpunkt herabfiel. Dieser Schluss entbehrt vorläufig noch der genügenden Begründung, da, abgesehen von den Mängeln und Ungleichheiten, welche mit der Art, wie der Verfasser den prüfenden galvanischen Strom geschlossen hat, verbunden sein können, überhaupt der Nachweis fehlt, dass der trocknende Nerv bei seinem verminderten Querschnitt nicht durch einen Strom von grösserer Steilheit gereizt wurde. Ferner könnte die Abgleichung beim Trocknen einer äusseren Flüssigkeitsschichte mehr durch die inneren Fasern des Nerven geschehen und dieselben dadurch bei gleicher Reizbarkeit in grössere Erregung versetzen.

Wenn ein Nerv völlig ausgetrocknet ist, so gelingt es nicht, ihn durch Verweilen in Wasser wieder reizbar zu machen, hat aber die Austrocknung nur *begonnen*, und ist der Nerv eben erst unfähig geworden, stärkere galvanische Reize, welche eine oberhalb gelegene nicht ausgetrocknete Nervenstelle treffen, bis zum Muskel zu leiten, so kann eine Befeuchtung mit Wasser die Leitungsfähigkeit wieder herstellen.

Die Reizbarkeit des Nerven an der ausgetrockneten Stelle selbst hat man geglaubt, ebenfalls durch Befeuchtung wieder herstellen zu können, aber es lässt sich bei diesem Versuche mit *Eckhard* und *Ordenstein* immer behaupten, dass hier die Reizbarkeit gar nicht verloren gewesen, und dass die oberflächliche vertrocknete Schichte nur den Zutritt des Reizes abgehalten habe. Prüft man aber die Leitungsfähigkeit, so ist dieser Einwurf umgangen, und es lässt sich zeigen, dass *Kölliker* wenigstens richtig beobachtet, wenn auch seine Darstellung nicht darauf berechnet ist, die Wasserprobe aller wissenschaftlich angekleideten Chikanen zu bestehen, deren grossen Nutzen zur Feststellung des Thatbestandes wir übrigens keineswegs verkennen.

Ehe man versuchen darf, die aus den Veränderungen des Wassergehaltes der Nerven erfolgenden Modificationen der Reizbarkeit auf die Erklärung pathologischer Erscheinungen anzuwenden, wäre es gerathen, zu prüfen, ob der Aufenthalt in allzu verdünnten Flüssigkeiten den Nerven im Leben gerade so afficirt, wie den durchschnittenen nach dem Tode. Nach einigen von mir vorläufig unternommenen Versuchen scheint der lebendige Nerv bei weitem resistenter gegen die sogenannte „Quellung" im Wasser zu sein.

Es gibt noch eine Reihe anderer chemischer Agentien, welche den Nerven bei unmittelbarer Anwendung ziemlich rasch tödten, ohne Zuckungen hervorzurufen, hierher gehören ätherische Oele, Schwefel-

kohlenstoff, und die mineralischen Säuren in den von mir angewendeten Concentrationsgraden. Letztere tödten den Nerven am raschsten. Wie sich diese Agentien gegen Nerventheile verhalten, die der fettigen Markscheide entbehren, ist noch nicht untersucht.

III. VEGETATIVE VERHÄLTNISSE DER NERVEN.

Unter diesem Namen begreifen wir die Beziehung des Blutlaufes zu der Nerventhätigkeit, die Degeneration gelähmter und die Regeneration verletzter Nerven. Mehrere der hier zu behandelnden Erscheinungen gehören nach der gewöhnlichen Auffassung nicht in die eigentliche Nervenphysiologie, sondern in die Lehre von der Ernährung, wo die ähnlichen Vorgänge in andern organischen Systemen besprochen werden. Da aber die Thatsachen, die uns hier beschäftigen sollen, für das Verständniss vieler rein nervenphysiologischer Versuche unumgänglich nöthig sind, so müssen dieselben hier vorausgeschickt werden.

A. Einfluss der Blutcirculation auf die Nerven.

Jede organische Thätigkeit verbraucht Material, welches, wenn keine rasche Abnutzung erfolgen soll, bald wieder ersetzt werden muss. Ferner müssen die Ueberreste der verbrauchten Gewebsbestandtheile, als für die Funktion störend, auf geeignete Weise wieder fortgeschafft werden. Beides übernimmt die Circulation. Aus dem Blute treten Stoffe beständig aus, welche der Nerv zur Ergänzung seiner Masse benutzt, und das zum Herzen zurückkehrende Blut führt aus dem Nerven die nicht mehr brauchbaren Elemente hinweg.

Der Versuch hat gezeigt, dass die Zeit, während welcher bei warmblütigen Thieren nach Unterbrechung des Kreislaufes die Nerventhätigkeit noch fortbestehen kann, viel kürzer ist, als man es a priori erwarten sollte. Der Stoffwechsel im Innern des Nerven muss also ein sehr lebhafter sein.

Es ist ein Versuch, den schon *Swammerdam* und *Stenson* und nach ihnen viele andere Experimentatoren ausgeführt haben, die Bauchaorta unter dem Abgang der Nierenarterien zu unterbinden oder zu comprimiren. *Stenonis* sah, dass alle willkürliche Bewegung der Hinterbeine *sogleich* aufhörte, und dass sie zurückkehrte, so oft er das die Arterie umschnürende Band lockerte. Die Lähmung der Bewegung der Hinterextremitäten erfolgt bei Kaninchen, wie ich gesehen habe, stets ganz unmittelbar nach der Ligatur der Aorta, bei Hunden hingegen besteht noch einige Minuten lang eine manchmal geschwächte Beweglichkeit fort, die ich nach spätestens zehn Minuten erlöschen sah. Die Verschiedenheit der zum Versuch gewählten Thiere kann also, wie mir scheint, den Widerspruch der Schriftsteller erklären, die bald den Eintritt der Lähmung als fast gleichzeitig mit der Ligatur schildern, bald noch einige Bewegungsversuche erfolgen sahen.

Wenn sich ein Hund nach Unterbindung der Aorta sehr ruhig verhält, so kann er noch nach etwa 10 Minuten schwache, willkürliche Bewegungen zeigen, sobald das Thier aber eine stärkere Muskelanstrengung mit seinen Hinterfüssen unternimmt, sind dieselben augenblicklich so

erschlafft, dass nachher höchstens noch ein unmerkliches Zittern zu Stande kommt. Es kann also durch stärkere Bewegungen der in den Nerven noch vorhandene Kraftvorrath fast augenblicklich aufgezehrt werden, wenn nicht das Blut stets neues Material liefert.

Dies zeigt sich noch deutlicher in Versuchen an Fröschen. *Stilling* hat gezeigt, dass diese Thiere nach Unterdrückung der Gesammtcirculation noch mehrere Stunden umher hüpfen können. Dies ist vollkommen richtig, wenn die Thiere sich selbst überlassen sind und nur einzelne Sprünge machen. Jagt man sie hingegen nach Unterbindung der grossen Gefässe rasch im Zimmer umher, so werden die Sprünge sehr schnell schwach und kraftlos, sie fallen mit ausgestreckten Hinterbeinen auf den Boden, die sie dann langsam anziehen und bald können sie gar nicht mehr hüpfen. Wenn man ihnen in diesem Zustande Zeit und Ruhe zur Erholung gönnt, so werden sie zwar wieder kräftiger, aber wenn man sie mit Fröschen vergleicht, denen das Herz eben so lange unterbunden ist, die aber nicht ermüdet worden, so zeigen sich die ersteren stets matter und viel kraftloser. Die Bewegung hat also auch hier den noch vorhandenen Kraftvorrath rasch aufgezehrt, aber da das Herz nur *unterbunden* war und das Blut in den Körpertheilen, wenn auch ohne stete Erneuerung, doch selbst im stockenden Zustande der Ernährung noch mangelhaft dienen konnte, so war noch eine unvollkommene Erholung möglich. Hat man aber das Herz ausgeschnitten und durch Streichen fast alles Blut aus dem Körper entfernt, so ist nach kräftigen Bewegungen die motorische Thätigkeit des Nervensystems dauernd gebrochen.

Ganz ähnliche Versuche hat schon früher *Kilian* in Betreff der *Restitution der peripherischen abgetrennten Nerven nach dem Tode* veröffentlicht. Auch bei todten Thieren kann ein durch Reizung erschöpfter Nerv sich nur dann einigermaassen beträchtlich erholen, wenn Blut in seinen Gefässen enthalten ist.

Aus dem Vorhergehenden folgt, dass die Lähmung der Nerventhätigkeit nach Unterbindungen der Gefässe um einen freilich nur kleinen Zeittheil verzögert werden kann, wenn man vor der Unterbrechung des arteriellen Blutlaufes den Rückfluss des Blutes aus den Venen verhindert hat. Kaninchen können dann nach Umschnürung der Aorta noch einige Bewegungen zeigen.

Nach Unterbindung der Aorta bei Säugethieren erlischt auch sehr schnell alle Empfindung in den Hinterbeinen, so dass man selbst den blossgelegten Nerven auf alle mögliche Weise misshandeln kann, ohne dass es das Thier empfindet. Das Gefühl überdauert etwas, aber nur eine sehr kurze Zeit die willkürliche Bewegung.

Wenn die letztere erloschen ist, zeigt sich auch der Nerv noch längere Zeit, 10 bis 20 Minuten, fähig auf galvanische Reize Bewegung zu erregen, aber wie schon oben bemerkt, verändert sich sehr bald das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven und es treten Bewegungen beim Schliessen und Oeffnen schwacher Ströme auf. Wartet man noch länger, so zeigen sich die Normen des Marianinischen Gesetzes. Die electromotorische Wirksamkeit des Nerven, der Nervenstrom, schwächt sich sehr ab.

Die motorischen Eigenschaften der Nerven verlieren sich bei diesem Versuche augenscheinlich vom Rückenmark nach der Peripherie hin, so dass die oberen Nervenstämme schon abgestorben sein können, wenn die untergeordneteren Zweige noch reizbar sind. Am längsten erhalten sich die Nervenästchen in den Muskeln selbst. Die Empfindlichkeit sah ich hingegen in den blossgelegten Nerven des Unterschenkels stets etwas früher schwinden, als im Stamm des Ischiadicus, und in diesem erhält sie sich in der Nähe des Beckens länger, als in der Nähe der Kniekehle. Dies würde als ein Beweis gelten können, dass die Empfindung sich immer mehr vor dem Erlöschen nach dem Centrum hin zurückziehe, wie *Longet* annimmt, wenn es nicht möglich wäre, dass trotz gleichzeitiger Unterbindung der Aorta und der epigastrischen Arterien von den Gefässen des Wirbelkanals her sich in den obersten Theilen des Schenkels ein sehr schwacher

Seitenkreislauf besser als in den anderen Gegenden der Hinterextremitäten erhielte, und so die längere Fortdauer einer schwachen Sensibilität veranlasste. Dies Bedenken ist möglich, aber es scheint mir nicht von Gewicht, weil ein wahrer Seitenkreislauf sich bei längerer Dauer der Unterbindung noch mehr verstärken würde, und, wie dies die Erfahrungen der Chirurgen stets gezeigt haben, die Folgen der Circulationshemmung, die Anfangs am stärksten hervortreten, wieder stetig abnehmen müssten, in dem Maasse, als die Circulation auf anderem Wege sich herstellt. Die schwache Sensibilität des N. ischiadicus aber, welche die Empfindung im Unterschenkel überdauert, sah ich sehr bald ganz verloren gehen.

Der eintretende Verlust des Gefühles, die lange Zeit, welche die neuromusculäre Bewegung nach directem Reiz die motorische Wirksamkeit der Nervenstämme überdauert, die noch lange bestehende idiomusculäre Contraction widerlegen genügend den in neuerer Zeit ausgesprochenen Verdacht, dass bei der Circulationsentziehung die Lähmung nicht eigentlich von den Nerven, sondern von den Muskeln ausgehe. Es ist aber leicht darzuthun, dass nicht nur die Nervenstämme allein, sondern auch das Centrum, das Rückenmark durch die Gefässunterbindung gelähmt werde. Für die Theilnahme des letzteren spricht, dass man bei Kaninchen, denen die Aorta hoch genug unterbunden ist, und ebenso bei Ratten, den hinteren Theil desselben bloss legen und direct reizen kann, ohne dass eine Spur von Empfindung entsteht. Die unmittelbare Veränderung der Nervenstämme, unabhängig von der Lähmung der Centra, wird bewiesen, nicht nur durch alle oben angeführten Umstände, sondern auch dadurch, dass man die Nervenverzweigungen ganz isolirt lähmen kann, wenn man z. B. einer Taube den ganzen Flügel an seiner Wurzel mit Ausschluss der Nervenstämme so fest umschnürt, dass die Circulation gehemmt ist.

Wir haben oben gesehen, dass auch die Muskeln durch Hemmung der Circulation ihre Reizbarkeit ganz verlieren oder todtenstarr werden können. Insofern zeigt sich eine Analogie zwischen Nerv und Muskel. Aber der letztere bedarf nur eines sehr schwachen Grades von Circulation und stirbt erst dann ab, wenn dieselbe ganz *vollständig* aufgehoben ist. Der Nerv hingegen ist in dieser Beziehung viel anspruchsvoller. Seine Thätigkeit geht daher schon zu Grunde, wenn nur die circulirende Blutmenge sehr bedeutend vermindert ist. Daher genügt zur Lähmung der Nerven bei den meisten Thieren schon die Ligatur der Aorta, will man aber auch Muskelstarre in einem der gelähmten Füsse hervorrufen, so hat man hier noch einmal die Art. cruralis unterhalb der Vereinigung mit der epigastrica zu unterbinden, welche von der mammaria her etwas Blut dem Schenkel zuführen kann. Uebrigens habe ich auch gesehen, dass bei kleineren Nagethieren, Mäusen, Ratten, die Unterbindung der Aorta für sich allein schon genügte, um Lähmung und Starre in beiden Extremitäten hervorzurufen.

Es war bisher nur von der Lähmung als Folge der Circulationsstörung die Rede, es geht aber derselben eine andere sehr merkwürdige und unerklärte Einwirkung auf die Bewegungsnerven vorher. Hat man nämlich die Muskeln eines Theiles vor dem Versuche blossgelegt, so werden dieselben, so lange sie noch Blut erhalten und kein willkürlicher Antrieb auf sie einwirkt, völlig ruhig verharren, man entdeckt an ihnen nicht die geringste Bewegung. Hemmt man jetzt auf irgend eine Weise die Circulation, so werden jetzt, wenn die willkürliche Bewegung schon ganz oder grösstentheils erloschen ist, nach und nach an allen Muskeln, deren Nerven von der Circulation abgeschnitten sind, kleine unregelmässige durch Ruhepausen unterbrochene und wiederkehrende Zuckungen der einzelnen Faserbündel beginnen. Diese Zuckungen sind evident neuromusculärer Natur, sie werden durch einen starken constanten galvanischen Strom im Nerven für die Zeitdauer dieses Stroms unterbrochen,

und sie sind selten in allen Bündeln eines Muskels gleichzeitig, so dass sie sich fast nie zu einer auf den Knochen zu übertragenden Bewegung summiren. Sie sind daher auch nur an wenigen Muskeln, z. B. denen der Barthaare, durch die Haut hindurch sichtbar.

Diese Bewegungen zeigen sich am stärksten in den mehr flachen ausgebreiteten Muskeln, wo wenige Bündel über einander geschichtet sind, z. B. in den Bauchmuskeln, am Zwerchfell, den Intercostalen, und vor allen in den Muskeln der Eingeweide, des Darmes, des Oesophagus, der Blase, wo diese Bewegungen selbst mechanische Effecte hervorrufen können, weil bei dünnen Lagen der *Widerstand* der in jedem Momente ruhenden Bündel gegen die sich bewegenden *geringer* ausfällt.

Nur ganz allmählich werden die Zuckungen seltener und schwächer. Man kann bei Compression der Aorta diese Zuckungen in vielen Muskeln hervorrufen und sie abwechselnd verschwinden und wiederkehren lassen, je nachdem man die Zusammendrückung des Gefässes aufhebt und wieder herstellt.

Bei Unterbindung der grossen Gefässe, bei Verblutungen beobachtet man die Zuckungen im ganzen Körper verbreitet, ebenso sind sie die gewöhnlichen Begleiter des Todes, wenn derselbe, wie fast in allen Fällen, die Herzbewegung früher als die Reizbarkeit der Nerven beeinträchtigt. Manche Krankheiten, in denen der Tod direct durch Circulationshemmung einzutreten scheint, führen an frischen menschlichen Leichen zu einem sehr heftigen Erzittern der einzelnen Muskelbündel und dahin gehört wohl das Muskelzittern unmittelbar nach dem Choleratode. Bei einigen Sterbenden konnte ich in den verschiedensten Krankheiten das Muskelzittern erkennen, wenn ich gleich nach dem letzten Athemzuge das Sthetoscop auf den Schenkel aufsetzte.

Die Ursache dieses Zitterns, das sich beim Darm als sehr deutliche, stärker als im Leben hervortretende unregelmässige Peristaltik zu erkennen gibt, ist noch nicht erforscht, und die Erklärung, welche ich zur Zeit der ersten Entdeckung dieser sonderbaren Erscheinung für dieselbe geben zu können glaubte, ist nicht mehr haltbar, da sie auf der Annahme eines vom Rückenmarke ausgehenden Muskeltonus beruht, die damals noch allgemein herrschend war. Bei verblutenden oder sterbenden Thieren sind diese Bewegungen schon früher gesehen worden, und man glaubte sie dem *„Reiz der Luft“* zuschreiben zu müssen. Dieser „Reiz der Luft“, der früher eine so grosse Rolle spielte, und an dem auch jetzt noch manche Theoretiker der Bequemlichkeit wegen festhalten, ist ein luftiges Unding, welches weder auf Muskeln noch auf Nerven wirkt, wenigstens so lange die Circulation fortdauert. Sollte er plötzlich wirksam werden können, wenn letztere unterbrochen wird? Sollte im Tode oder bei partieller Hemmung des Kreislaufs die Luft mit einem Male auch die Haut oder das Peritoneum durchdringen können, die ihr im Leben jeden Zugang verwehren? Diese Bewegungen rühren ferner nicht, wie man vermuthet hat, von einer Anhäufung reizend wirkenden venösen Blutes in den Geweben her, denn sie werden bei jungen Thieren, bei denen man ohne Athmung die Circulation allein mit venösem Blute unterhalten kann, vermisst, so lange dieser Kreislauf dauert, und treten ein, sobald er unterbrochen oder sehr geschwächt wird. Sie kommen ferner nicht rascher, sondern im Gegentheil langsamer, wenn man den Kreislauf dadurch hindert, dass man nicht alle *zuführenden* Arterien, sondern alle *zurückführenden* Venen unterbindet, so dass zuletzt die Muskeln kein Blut mehr aufnehmen können. Es ist ferner leicht nachzuweisen, dass sie nicht der der Circulationshemmung folgenden Erkaltung ihren Ursprung verdanken. Ich sah die Bewegungen nämlich nach Unterbindung der grossen Gefässe selbst in Räumen entstehen, deren Temperatur die des Thieres überstieg, während andererseits Muskeln bei Fortdauer der Circulation bis zur umgebenden Temperatur ruhig erkalten und dann dennoch nach Anlegung eines Bandes um die Arterien diese Zuckungen zeigen können. Ich

kann daher bis jetzt nur im Allgemeinen aussprechen, dass jede Verhinderung der Blutzufuhr in den Nerven vor der völligen Lähmung einen Zustand erzeugt, in welchem sie unterbrochene abwechselnde Bewegungen einzelner Bündel der von ihnen versorgten Muskeln hervorrufen.

An einem andern Orte habe ich übrigens gezeigt, dass hier wesentlich die Nerven im *Innern* der Muskeln in Betracht kommen und dass Durchschneidung der *Stämme* diese Bewegungen nicht aufhebt oder verhindert. Vergleiche hierüber auch „Lähmung der motorischen Nerven" im folgenden Abschnitt.

Eine sehr rasche und beträchtliche Verminderung der Blutzufuhr wirkt in dieser Beziehung auf die Centralorgane wie auf die peripherischen Nerven. Man hat manche bei Verblutungen und bei allgemeinen Circulationsstörungen eintretende Zuckungen auf diese Weise zu erklären gesucht.

Für die Centralorgane kommen aber hier verwickelte Verhältnisse in Betracht. Die Blutentziehung wirkt einerseits durch Störung der Ernährung, wie bei den peripherischen Nerven. Sie wird so Zuckungen zu Wege bringen, welche, freilich geschwächt, auch nach Durchschneidung der Nervenstämme fortbestehen, weil dieselbe Ursache ja auch auf die Nervenenden wirkt. Andererseits verursacht aber die Blutentziehung eine Verminderung des normalen Druckes, unter welchem das centrale Nervengewebe steht, und dieser Einfluss, welcher sich in den peripherischen Nerven nicht oder kaum geltend macht, dürfte wohl der effectvollere sein.

Stellt man, wenn die Nerven einige Zeit unerregbar geworden sind, die Circulation wieder her, so kommen alle normalen Thätigkeiten nach und nach zurück und zwar in der umgekehrten Ordnung von der, in welcher sie verschwunden sind. Ein Stadium, in welchem die Zuckungen bei der Rückkehr sichtbar wären, habe ich bis jetzt nicht beobachtet.

Bei Fröschen gelingt es manchmal, aber sehr selten, die hier angegebenen Erscheinungen zu sehen. Der Blutlauf stellt sich nach Unterbindung der Aorta und der epigastrischen Gefässe ausserordentlich rasch durch Seitenzweige so weit wieder her, dass er genügt, die Nervenreizbarkeit zu unterhalten. Das Mikroskop zeigt, wie schnell hier die Eröffnung eines Collateralkreislaufes geschehen kann.

Die Unterbindung der zum Gehirn gehenden Arterien und ihre Folgen verdienen noch eine besondere Betrachtung.

Astley Cooper ist der erste, welcher bei Säugethieren alle 4 zum Gehirn aufsteigenden Schlagadern unterbunden hat. Kaninchen starben ihm unmittelbar darauf, ebenso die Mehrzahl der operirten Hunde, von den letzten Thieren jedoch erholten sich einige langsam und überlebten, nachdem sie eine Zeit lang in einer Art Coma zugebracht. Ein Hund zeigte eine vorübergehende rechtseitige Hemiplegie und convulsivische Bewegungen.

Auch dann, wenn die Vertebralarterien längere Zeit nach den Carotiden unterbunden worden, starben die meisten Thiere, bei den überlebenden konnte aber *Cooper* immer ermitteln, durch welche vergrösserten Seitenäste das Hirn mit Blut versorgt worden. Meistens waren es Anastomosen zwischen den Artt. Thyreoidea inferior und superior, oder zwischen Aesten der vertebrales und den zwei obersten intercostales.

In meinen eigenen Versuchen an Kaninchen sah ich den Tod bald, aber nicht ganz unmittelbar, nach Hemmung des Blutlaufes in allen vier Hirnarten erfolgen. Es entstanden schnell Convulsionen, besonders der Hinterfüsse, die oft tetanisch gestreckt wurden. Unterbindet man die Carotiden und comprimirt die vertebrales, so ist es möglich, die Convulsionen mehrmals abwechselnd erscheinen und verschwinden zu lassen, wie man die Compression aussetzt und von neuem beginnt; das hat auch *Kussmaul* gesehen.

Bei Hunden ist das Resultat im Allgemeinen dasselbe. Die convulsivischen Bewegungen gehen in einen comatösen Zustand über, in welchem gewöhnlich der Tod erfolgt, obgleich das Herz dann noch kräftig schlägt. Erholung habe ich selbst nie gesehen, aber der comatöse Zustand konnte sich bis 11 Stunden verlängern. Ich sah auch die Thiere sich wieder etwas kräftigen, einige Schritte im Zimmer machen und dann wieder bis zum Tode schwächer werden.

In den letzten Fällen musste sich schon eine, wenn auch ungenügende, laterale Circulation hergestellt haben, denn die Centra können nicht mehrere Stunden ohne Arterienblut leben. Injectionen, die ich nach dem Tode machte, überzeugten mich von der Richtigkeit dieser Vermuthung. Ausser den von *Cooper* angegebenen existiren auch Anastomosen zwischen der cervicalis ascendens und den Muskelästen der vertebrales. Hingegen konnte ich keine Verbindung der Vertebrales und der *beiden* oberen Intercostales bemerken, nur die erste intercostalis anastomosirte mit der vertebralis.

Das Gehirn ist nach Unterbindung der Arterien durchaus nicht blutleer, die Hirnhäute können sogar den Anschein einer venösen Hyperämie darbieten.

Ueber die Bewegungen im Auge und an dem äusseren Ohre, welche nach diesen Operationen eintreten, vergleiche *Kussmaul* „Untersuchungen über den Einfluss, welchen die Blutströmung auf die Bewegung der Iris etc. ausübt“. Würzburg 1855. Ich selbst habe bei meinen Versuchen nicht auf diese Verhältnisse geachtet, da zur Zeit, als ich die hier besprochenen Experimente anstellte, hierzu noch keine nähere Veranlassung vorlag.

Die so eben erschienene Schrift von *Kussmaul* und *Tenner* über krampfhafte Anfälle nach Hemmung des Hirnblutlaufs habe ich leider noch nicht erhalten können. Sie dürfte wohl manches Neue über diesen Gegenstand enthalten, der in physiologischer, pathologischer und chirurgischer Beziehung von grosser Wichtigkeit ist.

Von der Unterbindung nur *einzelner Abtheilungen* der Hirnarterien sollte man bei der innigen Verbindung, welche in der Schädelhöhle zwischen allen besteht, keine differenten Ergebnisse erwarten. Trotzdem zeigte sich die Sache anders. Von der früher für so gefährlich gehaltenen gleichzeitigen Unterbindung beider **Carotiden** sieht man bei Versuchen an Thieren *gar keine* Wirkung, höchstens bemerkt man, was auch schon *A. Cooper* gesehen, und was sich in meinen Versuchen nur *vorübergehend* einstellte, eine schwache Beschleunigung der Respiration und des Pulses. Uebrigens sagt schon *Galen* im Gegensatz zu den älteren Ansichten denen die Carotiden ihren ominösen Namen verdanken, dass „ligatis carotidibus animal libere respirat“.

Doch möchte ich, bis weitere und glücklichere Erfahrungen als bisher vorliegen, warnen, dies Resultat unbedenklich auf den Menschen zu übertragen. Die Carotis schickt ihr Blut vorzugsweise zu den vorderen Theilen des Gehirns. (Das Folgende wird mich den Anatomen gegenüber rechtfertigen, die bei diesem Ausspruch auf die vielen Anastomosen hindeuten). Diese Theile sind auf die Bewegungen bei Thieren ohne Einfluss, so dass wir auch *hier* nur Empfindungsanomalien erwarten dürften, die sich aber kaum erkennen lassen werden. Beim Menschen hingegen, wo das Vorderhirn eine so viel grössere Dignität erlangt, könnten sich die Folgen einer Verschliessung beider Carotiden noch ganz anders gestalten. Die chirurgischen Erfahrungen und die folgenden Versuche sind sehr geeignet, diese Vermuthung zu unterstützen. Nur in zwei Fällen sind meines Wissens bei Menschen beide Carotiden mit günstigem Erfolge unterbunden worden. Sehr oft trat nach Unterbindung *einer* Carotis Hemiplegie ein.

Die *Compression* einer Carotis neben dem Kehlkopf kann man an sich selbst und Anderen sehr leicht ausführen. Der Erfolg ist ein charakteristischer und die Erscheinungen sind stets *dieselben*, wo sie überhaupt *vorhanden* sind. Ich habe aber einige Individuen getroffen, bei denen *gar*

keine Folgen wahrzunehmen waren, wo aber auch die äussere Maxillararterie während des Versuches beständig schwach fortklopfte, so dass hier dieselben Anastomosen schon vorhanden und disponibel gewesen sein müssten, die sich bei Anderen erst bald öffnen.

Sobald man die Carotis mit dem Daumen gehörig comprimirt hat, wird die entsprechende Gesichtshälfte blasser, das Sehfeld verdunkelt sich etwas, aber nicht sehr bedeutend, die Gesichtseindrücke werden etwas verschwommener, doch kann man eine deutlich gedruckte Schrift noch sehr gut lesen. Nach 2 bis 3 Secunden beginnt ein prickelndes Gefühl in der *gegenüberliegenden* Gesichtshälfte, das sich sehr bald bis zu der Empfindung einer starken stechenden Hitze steigert, dabei erscheint einem die Kopfhaut dieser Seite wie angespannt. Das Gefühl dieser prickelnden Wärme, welches grosse Aehnlichkeit mit dem der eingeschlafenen Glieder hat, reicht im ganzen Gesicht überall genau bis zur Mittellinie, aber gleich, nachdem es hier auftritt, macht es sich auch in den Extremitäten und in der Rückenhaut der der Compression entgegengesetzten Seite bemerklich, wo es besonders stark in den Fingern der Hand und der Fusssohle ausgesprochen ist. Nach etwa 20 Secunden, manchmal noch früher, tritt ein anderes Stadium ein. Die gegenüberliegende Körperhälfte wird jetzt nur noch undeutlich gefühlt und auch die Wirkung objectiver äusserer Eindrücke ist hier sehr gemindert. Ein Kneipen, das auf der anderen Seite sehr schmerzhaft ist, wird hier kaum empfunden. Steht man auf, oder macht man den Versuch gleich von Anfang im Stehen, so glaubt man nach der unempfindlicheren Seite hin umsinken zu müssen, man glaubt mit der Hand dieser Seite nichts festhalten zu können. Versucht man es aber mit kräftigem Entschluss, so kann man alle Bewegungen ausführen, die freilich nicht gehörig gelingen, wenn man nicht die zu bewegenden Theile mit den Augen fixirt, da ihr Gefühl sie nicht mehr leitet. Unterbricht man jetzt die Compression plötzlich, so kehrt der Zustand wieder rasch durch das Brennen und Ameisenkriechen hindurch, in den normalen zurück. Setzt man aber die Versuche weiter fort und lässt sich von dem Gefühl der Betäubung und Lähmung in einer ganzen Körperhälfte nicht beunruhigen, so verschwindet nach etwa 40 bis 45 Secunden ganz allmählich und langsam jede Spur dieses Zustandes, das Gesicht bekommt nach und nach seine normale Farbe wieder, der Puls an dem Kiefer und an der Stirn wird trotz fortgesetzter Compression wieder schwach fühlbar. Wahrscheinlich hat sich jetzt erst allmählich der Seitenkreislauf durch die andere Carotis hergestellt. Macht man aber nun schnell den Versuch an dieser letzteren, so wird die Halblähmung des Gefühls die ihr entgegengesetzte, vorhin verschonte, Seite ergreifen. Dies sind die constanten Erscheinungen, wie ich sie häufig empfunden, und wie sie mir von Anderen oft geschildert worden. In einem Versuche aber bemerkte ich noch ausserdem heftiges Zittern in der Hand, das ich nicht ganz beherrschen konnte, und ein Mal, während ich in Gegenwart eines Arztes auf einem Stuhle sitzend an mir den Versuch machte, fiel ich, ohne das Selbstbewusstsein zu verlieren, nach der sensibel gelähmten Seite hin auf den Boden, und wurde von heftigen convulsivischen Bewegungen der Extremitäten dieser Seite ergriffen, die aber nur kurze Zeit anhielten. Es ist mir nicht möglich gewesen, diese Convulsionen bei späteren Versuchen wieder zum Vorschein zu bringen. Die Compression beider Carotiden anhaltend auszuführen, ist mir nie gelungen, trotz aller Anstrengungen fielen die Hände bald kraftlos herab.

Diese Erfahrungen haben, obgleich sie nur subjectiver Natur sind,

in mehrfacher Beziehung entschiedenen Werth. Zunächst geben sie uns Aufschluss über die Gefühlsveränderungen nach gehindertem Blutzufluss, die doch nur subjectiv zu erforschen sind, sodann zeigen sie, dass trotz der Anastomosen jedes der vier Hirngefässe seinen eigenen Bereich hat, in welche das Blut anderer Hirnarterien nur im Nothfalle gelangen kann. Diese Puncte sind es, welche uns *jetzt* interessiren. Wir werden aber aus den erlangten Resultaten auch noch später einige Folgerungen für die Physiologie des Hirns ziehen können.

Die Unterbindung der Vertebralarterien ist schon von *Astley Cooper* ausgeführt worden. Er bemerkte ausser einer vorübergehenden Beschleunigung der Respiration noch eine Schwächung der Vorderfüsse.

Nach meinen Untersuchungen ist bei Hunden die Athmung nach etwa 3/4 Stunden wieder normal. Anfangs ist sie etwas mühevoll. Die Hauptwirkung der Unterbindung der Wirbelarterien erstreckt sich aber auf die Bewegungen, besonders in den 4 Extremitäten. Es hängt dies damit zusammen, dass die Organe, welche im Bereiche dieser Arterien liegen, sämmtlich den ausgesprochensten Einfluss auf die Bewegungen haben.

Gleich nach der Unterbindung ist der Gang des Thieres ganz charakteristisch verändert. Der Hund hält die Hinterfüsse sehr steif, und scheint ihre Gelenke nicht gehörig biegen zu können, die Vorderfüsse aber werden beim Gehen nicht wie gewöhnlich vorgesetzt, sondern eher nach vorn *geworfen* und dabei etwas gekrümmt, so dass sie erst im Rückwärtsfallen wieder auf den Boden gelangen. Wäre diese Bewegung in den Vorder- und Hinterfüssen gleichzeitig, so sähe sie aus, wie die eines trabenden Pferdes, nur viel langsamer, da aber, während sich der Vorderfuss einer Seite bewegt, der Hinterfuss der anderen ziemlich steif bleibt, wenigstens nicht gleichmässig mitgeht, so bekommt das Thier einen wakkelnden Gang. Will ein solcher Hund auch einige Tage nach der Operation mit den Hinterfüssen etwa in einen Korb springen, so bringt er dies immer nur nach mehreren ungeschickten und misslungenen Versuchen dahin.

Die Unterbindung der Vertebralarterien ist keine tödtliche Operation, und die eben beschriebenen Bewegungen werden nach einigen Tagen weniger merklich und verschwinden endlich ganz. Sie nehmen schon in den ersten Stunden sehr rasch, dann aber merklich langsam ab. Dass sie nicht etwa durch den operativen Eingriff erzeugt sind, sieht man leicht daran, dass sie augenblicklich verschwinden, wenn man nach ihrem Eintritt die Ligatur des Gefässes löst.

Dem Kenner wird bereits die grosse Aehnlichkeit zwischen den hier beschriebenen Bewegungsstörungen und denjenigen aufgefallen sein, welche man bis vor Kurzem allgemein als Folgen der Entziehung der Cerebrospinalflüssigkeit bei Hunden betrachtete.

Magendie hatte beobachtet, dass, wenn man einem Säugethier (Kaninchen, Hund, Katze) die Nackenmuskeln einschneidet, um ohne tiefere Verletzung und ohne Beschädigung der Knochen bis zu den Hüllen des Rückenmarks zwischen Atlas und Hinterhaupt zu gelangen, und dann nach Aufhören der geringfügigen Blutung diese Hüllen ansticht, man fast alle Flüssigkeit, die das Rückenmark umgibt, austreten lassen könne. Die Flüssigkeit spritzt Anfangs in einem Strahle aus und später sieht man bei jeder Ausathmung einige Tropfen aus der Oeffnung hervorquellen und bei jeder Einathmung tritt wieder ein Theil davon zurück. Nachdem man den letzten Rest mit einer Pipette ausgezogen, ist endlich der ganze früher von der Flüssigkeit eingenommene Raum mit Luft erfüllt.

Ueberlässt man nun die Thiere sich selbst, so zeigen sich ihre Bewegungen auf die oben beschriebene Weise verändert. Sehr bedeutend sind besonders die

Bewegungsstörungen in den ersten Momenten, die nach der Operation der Unterbindung der Vertebralarterien nicht zur Beobachtung kommen, da in letzterem Falle die Thiere längere Zeit brauchen, um aus dem Aetherrausche zu erwachen.

Die Unsicherheit und das Taumelnde der Bewegungen, die in *Magendie's* vielfach bestätigten Versuchen auftraten, wurden damals allgemein der Entziehung der das Mark umgebenden Flüssigkeiten zugeschrieben, der man daher eine sehr grosse Wichtigkeit beilegte, und deren räthselhafter Einfluss auf die Functionen des Centralnervensystems einer sehr sorgfältigen Beachtung um so eher werth zu sein schien, als man in manchen Krankheiten, die von auffallenden Nervensymptomen begleitet waren, statt der erwarteten tiefen Veränderung des Centralnervensystems, nur ein verändertes Aussehen dieser Flüssigkeit gefunden hatte.

Die Symptome, welche der Entziehung der Hirnrückenmarksflüssigkeit folgen, sind gewöhnlich am dritten oder vierten Tage verschwunden. Man erklärte dies durch den Wiederersatz jener Absonderung, der in der That ausserordentlich schnell stattfindet.

In neuerer Zeit hat man aber die überraschende Entdeckung gemacht, dass die Durchschneidung der Nackenmuskeln allein, welche nach der *Magendie'*schen Operationsmethode der Eröffnung der Rückenmarkshäute vorhergehen muss, bereits zu den beschriebenen Bewegungsstörungen Veranlassung gibt. Haben sich am dritten oder vierten Tage diese Symptome beschwichtigt, so kann man die bereits bloss gelegten Hüllen des Rückenmarks anschneiden, und die Flüssigkeit entleeren, ohne dass die Bewegungen des Thieres dadurch beeinträchtigt werden.

Entleert man die Cerebrospinalflüssigkeit an einer anderen als an der von *Magendie* gewählten Stelle, so bleibt der Gang des Thieres unverändert. Wenn aber nach Durchschneidung der Nackenmuskeln der Kopf nach vorn und unten gesunken ist, und die Thiere darauf das Bild der vollkommensten Trunkenheit darbieten, so kann man ihnen ihre regelmässige Bewegung augenblicklich wieder geben, wenn man ihnen, nach *Longet,* eine steife Cravatte um den Hals bindet, die den Kopf hindert, nach vorn und unten zu sinken. Sobald man die Cravatte entfernt, ist der wankende Gang wieder da.

Bildet das Herabsinken des Kopfes nach vorn auf diese Weise nothwendig ein Vermittlungsglied für das Zustandekommen dieser Erscheinungen, so war man Anfangs über den hier waltenden Zusammenhang durchaus im Unklaren. *Longet* nahm an, das Herabsinken des Kopfes bedinge eine Zerrung des verlängerten Markes, an welche sich das Thier aber nach und nach gewöhne. Abgesehen davon, dass die Erscheinungen denen einer Zerrung des verlängerten Markes in keiner Weise entsprechen, indem die Bewegungsstörungen zu gering sind, Athembeschwerden und Schmerzenszeichen aber, die eine Zerrung des Markes begleiten müssten, nach Durchschneidung der Nackenmuskeln ganz *fehlen,* spricht auch noch gegen eine Zerrung der Umstand, dass, wie ich gefunden, die Symptome nicht zunehmen, wenn man den umgesunkenen Kopf noch mehr nach vorn beugt.

Nach dem, was wir aber aus den vorhin beschriebenen Versuchen erfahren haben, ergibt sich die Erklärung der Sache auf eine sehr einfache Weise. Wird der Kopf nicht mehr durch die Nackenmuskeln in die Höhe gehalten, so muss er durch die an der unteren Seite des Falsenbeins befindliche bulla ossea gegen den Querfortsatz des Atlas drücken, da, wo über ihn weg das Ende der Vertebralarterien läuft, um zum Gehirn zu treten. Dies kann man nach dem Tode durch halbweiche Injectionen der Arterien deutlich machen; die eingespritzte Masse wird durch den Druck verdrängt, wenn man den Kopf nach vorn biegt. (Ich habe den Versuch bei Kaninchen angestellt.) Daher denn auch die Analogie und die frappante Uebereinstimmung der hier auftretenden Bewegungsanomalie mit derjenigen, welche durch Unterbindung der Vertebralarterien bedingt wird. Bei beiden Versuchen bewirkt dieselbe Ursache Blutmangel in den für die motorischen Functionen wichtigsten Theilen des Gehirns.

Allerdings dauern nach Unterbindung der Vertebralarterien unten am Halse die Erscheinungen mehrere Tage länger als nach Durchschneidung der Nackenmuskeln, dies erklärt sich aber dadurch, dass wenn die Unterbrechung des Blutlaufes hoch oben, nach Abgang der Halsäste geschieht, ein Seitenkreislauf gerade durch diese, viel rascher zu Stande kommen kann, als nach einer Unterbindung

der ganzen Arterie. Hingegen sind die Folgeerscheinungen bei der Compression nur *einer* der beiden Arterien am Atlas *Anfangs* heftiger, als nach Unterbindung der vertebralis unten am Halse. Die letztere lässt nämlich die Assymmetrie der Blutvertheilung am verlängerten Mark weniger hervortreten, weil noch Seitenverbindungen des Schlagaderstammes neben den Halswirbeln stattfinden.

Unterbricht man den Blutlauf in beiden Vertebralarterien am Halse, so werden die charakteristischen Bewegungsstörungen am ersten Tage *nicht vermehrt* durch die Durchschneidung der Nackenmuskeln.

Die letztgenannte Operation bringt bei verschiedenen Thieren aber die angeführten Erscheinungen in sehr verschiedener Intensität hervor. So sind sie bei Kaninchen und Meerschweinchen ausserordentlich stark, hingegen beim Pferde nach *Longet*'s Bemerkung kaum sichtbar. Ebenso scheinen sie beim Schafe kaum zu erkennen.

Nun findet es sich, dass die Bewegungsanomalie nach Durchschneidung der Nackenmuskeln bei den verschiedenen Säugethieren um so weniger ausgesprochener ist, je mehr die schon tiefer am Hals in den Wirbelkanal eingehenden Aeste der Vertebralarterie die unter dem Atlas verlaufenden Endäste, die hier allein comprimirt werden, an Wichtigkeit überwiegen. Die Endäste sind stärker beim Kaninchen und Meerschweinchen als beim Hunde, wo die Hauptabtheilung schon am dritten Wirbel abgeht. Beim Pferde, wo ausserdem die Basilararterie von der occipitalis abgeht, ist vermöge des ganzen Baues eine Compression der Arterien durch die bulla ossea höchstens sehr unbedeutend, und bei den Wiederkauern findet eine solche für die vertebralis fast gar nicht statt, hingegen scheint die Hirncarotis beim Herunterbiegen des Kopfes verengt werden zu können.

Man hat geglaubt, die Erfahrungen über den Einfluss der Durchschneidung der Nackenmuskeln, wie sie *Longet* vorläufig veröffentlicht hatte, auch auf den Menschen übertragen zu dürfen, und krampfhafte Bewegungen, welche bei Kindern mit grossem Schädel auftreten, aus der mangelhaften Fixation des Kopfes erklären zu können.

Man hat auf diese Weise versucht, unter dem Namen des „Wackelkopfes“ eine neue „Krankheitsspecies“ in die Pathologie einzuführen. Aber abgesehen davon, dass die Symptome dieses „Wackelkopfes“, dessen Typus ich selbst gesehen habe, gar nicht mit den Erscheinungen an Thieren nach Durchschneidung der Nackenmuskeln übereinstimmen, sind diese Erfahrungen überhaupt auf den Menschen gar nicht zu übertragen, wie schon eine flüchtige Betrachtung der hier in Wirksamkeit tretenden anatomischen Verhältnisse zeigt.

B. Degeneration der vom Centrum abgetrennten Nerven.

1) Erregbarkeit durchschnittener Nerven. Halten wir uns zunächst an die Bewegungsnerven, über welche allein ausführliche Untersuchungen vorliegen, so war es bereits früheren Forschern bekannt, dass ein durchschnittener Nervenstamm, wenn er sich nicht regenerirt, allmählich seine Erregbarkeit verliert. *Günther* und *Schön* (Müll. Arch. 1840, pag. 274) haben zuerst bei Säugethieren genauer die Zeitdauer der Erregbarkeit zu bestimmen gesucht. Zwölf Stunden nach der Durchschneidung sahen sie im unteren Nervenstück noch keine Veränderung, nach 24 Stunden reagirte der getrennte Nerv schon bei Weitem schwächer, besonders bei mechanischer Reizung, nach zwei Tagen war die Abnahme der Erregbarkeit noch deutlicher, und am vierten Tage erfolgten keine Zuckungen nach Reizung der Nerven.

Die späteren Untersuchungen *Longet*'s, sowie meine eigenen stehen mit diesem Resultate in vollstem Einklang. Bei Säugethieren und Vögeln dauert die Erregbarkeit in der Regel bis zum vierten Tage nach der Trennung des Nerven von seinem Centrum, und im Ganzen nur zwei

Male habe ich bei Hunden, deren N. ischiadicus ich durchschnitten hatte, noch am fünften Tage schwache Zuckungen durch *starke* galvanische Reizung des Kniekehlennerven bemerkt.

Am vierten Tage hat der Verlust der Erregbarkeit den Stamm des Nerven, wie auch seine feinsten mit dem blossen Auge noch sichtbaren Verzweigungen ergriffen, selbst die im Innern der Muskeln verlaufenden. *(Longet.)*

Die Zeit, während welcher ein durchschnittener Nerv erregbar bleibt, kann nicht dadurch verkürzt werden, dass man den Nerven durch anhaltendes Galvanisiren nach der Durchschneidung reizt, sogar dann nicht, wenn die Reizung die ersten drei Tage jedesmal bis zur Erschöpfung des Nerven fortgesetzt wird. *(Longet.)*

Es geht hieraus hervor, dass die Erregbarkeit des durchschnittenen Nerven nicht nur ein *Residuum* ist, welches von den Centraltheilen ausgehend, noch eine Zeit lang im Nervenstamm zurückgeblieben war. Denn in diesem Falle würde der getrennte Nerv die erschöpfte Erregbarkeit nicht wieder restituiren können. Es muss vielmehr der Nerv einen Theil der Bedingungen, welche die Erregbarkeit liefern, sich selbst aus dem Blute stellen können, während ein anderer Theil, Centralorganen entstammend, in stetiger Abnahme begriffen ist. Nur der erstere Theil aber dieser Bedingungsglieder würde dann durch lange dauernde Erregung ganz erschöpft werden können. In Uebereinstimmung mit der eben angedeuteten Hypothese ist es, dass ein durchschnittener Nerv, der den ersten Tag bis zur Erschöpfung galvanisirt worden, den zweiten Tag, und in noch viel höherem Grade den dritten viel rascher ermüdet, als bei nahezu gleich grossem Reize ein eben so lange durchschnittener, aber bisher sich selbst überlassener Nerv. Bei Fröschen habe ich dieselbe Thatsache noch viel länger und auf eine viel frappantere Weise beobachten können.

Bei Fröschen dauert die Erregbarkeit der Nervenstämme viel länger, und zwar bei warmem Wetter bei Weitem nicht so lang als bei kaltem. Im Winter habe ich in günstigen Fällen abgetrennte Froschnerven noch bis in die dreizehnte Woche erregbar gefunden. Die Zuckungen der Muskeln waren zwar schwach, aber deutlich.

Bei diesen Thieren kann man, wie *Stannius* gezeigt hat, auch beobachten, dass der Verlust der Erregbarkeit nach der Durchschneidung, wie nach Entziehung der Circulation, von den grösseren nach den kleineren Stämmen und Aestchen hin fortschreitet. Bei Säugethieren ist dies wegen des rascheren Verschwindens der Nerventhätigkeit nicht deutlich. In der Nähe der Schnittwunde, wo die Entzündung eingreift, sah ich ein kleines angeschwollenes Stück des Stammes schon den ersten Tag zwar unerregbar, aber dies ging von hier aus nicht etwa allmählich weiter, sondern der ganze Rest des Stammes behielt seine Kraft bis zum vierten Tage, zwar geschwächt, aber in ihrer *räumlichen* Ausdehnung nicht verringert, bis sie dann im ganzen Stamm gleichzeitig zu verschwinden schien.

Bloss in *einer* Beobachtung an einem am vierten Tage getödteten Hunde fand ich gleich nach dem Tode bei noch fortbestehender Erregbarkeit des facialis und des undurchschnittenen ischiadicus den anderen durchschnittenen Hüftnerven unerregbar, während kleine Zweige desselben noch Muskelzuckungen bewirken konnten.

Der Verlust der Erregbarkeit durchschnittener Nervenstämme ist nicht einer Zerstörung des Nerven durch die Verwundung, nicht der Unthätigkeit des Nerven, und nicht einer Störung des Blutlaufes im peripherischen Theile des Stumpfes zuzuschreiben. Dies geht zum Theil aus den angegebenen Thatsachen hervor, zum Theil werden wir es später bei Besprechung der Degeneration näher beweisen.

Durchschneidet man einen Nerven*stamm*, der *sensible* Nerven führt, so erhält sich das Gefühl in dem centralen Stumpf, und hier selbst ganz in der Nähe des Schnittendes, so lange das Thier lebt. Die späteren Beobachtungen aber machen es wahrscheinlich, dass im peripherischen Stumpf, welcher noch Eindrücke von aussen aufnehmen kann, die Nervenleitung schon am vierten Tage aufgehört hat.

Hat man hingegen die sensible *Wurzel* des zweiten Spinalnerven des Hundes zwischen Hirn und Spinalganglion durchschnitten, so zeigt sich der *centrale* Stumpf, der noch dem Rückenmarke anhängt, nach *Waller* bald entartet, und ich fand ihn schon am vierten Tage gegen mechanische und galvanische Reize völlig unempfindlich. Nach einer Beobachtung an einem Frosch zu urtheilen scheint aber auch der peripherische nicht entartende Theil der Gefühlsnerven in diesem Falle die Fähigkeit, Eindrücke aufzunehmen, zu verlieren. *Valentin und ich* fanden nämlich, dass ein Froschnerv mit nicht degenerirten noch mit dem Spinalganglion verbundenen Gefühlsfasern weder Electrotonus noch negative Stromesschwankung bei Erregung der Plexus ischiadici zeigte. Es ist also wahrscheinlich, dass hier die Nervenleitung verloren war.

Ausdrücklich bemerke ich hier, was im Kapitel über die motorischen Nerven näher begründet wird, dass der Verlust der Erregbarkeit, sowie die sogleich zu beschreibende Degeneration die äussersten *Enden* der Nerven nicht mitbetrifft, die, wie wir sehen werden, nach dem Absterben des Stammes sogar in vermehrte Thätigkeit gerathen.

2) *Gewebsveränderungen im durchschnittenen Nervenstamm.* Der ganze peripherische Theil eines jeden durchschnittenen Nerven beginnt wenige Tage nach dem Verlust der Erregbarkeit sein mikroscopisches Ansehen zu verändern. Ja, es ist möglich, dass schon ein für uns noch nicht bemerkbarer Anfang dieser Veränderungen am vierten Tage nach der Operation vorhanden ist, und die Ursache der Nervenlähmung bildet.

Dieser eben ausgesprochenen Vermuthung steht gerade die oben angeführte Beobachtung am Frosch entgegen, wo nach Trennung der Gefühlsnerven vom Rückenmark die lebendigen electromotorischen Eigenschaften derselben, aber nicht ihre normale Textur, verloren gingen. Ferner widerstreiten ihr die Versuche, in welchen motorische Nerven ohne sichtbare Texturveränderung bleiben und dennoch ihre Erregbarkeit verlieren, wie das nach Zerstörung des Rückenmarkes unter gewissen Bedingungen vorkommt. Alle diese Beobachtungen könnten aber auch so gedeutet werden, dass hier das Auftreten der Texturveränderung sehr *verlangsamt* war.

Valentin, Nasse, Günther und Schön haben in durchschnittenen Nerven schon einzelne Stadien der Veränderung beobachtet und beschrieben, *Waller* aber hat zuerst genauer festgestellt, dass die Umwandlung nur dem peripherischen Stumpf allein angehöre, dass sie hier bis in die feinsten, mikroscopisch erkennbaren markhaltigen Nervenästchen im Innern der Gewebe herabrage, dass sie schon in den ersten Tagen nach der Durchschneidung beginne und dann stetig fortschreite. *Waller* zeigte, dass die Leichtigkeit, mit der man die veränderten Primitivfasern unter sehr vielen gesunden wieder erkennen kann, sich dazu benutzen lässt, die Verbreitung der Ausläufer eines durchschnittenen Stammes inmitten verwickelter Nervengeflechte zu erkennen. Hierdurch erst erhielt die Sache ein grösseres physiologisches Interesse. Indem ich mir vorsetzte, auf diese Weise die Verbreitung der Rückenmarksnerven im Gebiete des sogenannten „Sympathicus“ zu studiren, gelang es mir, die wichtigsten Angaben *Waller*'s in Betreff der Nervenentartung zu bestätigen, einige neue Beobachtungen hinzuzufügen und die verschiedenen Stadien der paralytischen Fettumwandlung der Nerven schärfer zu umgrenzen. *Waller*'s erste Untersuchungen sind mit Ausnahme eines einzigen (die Durchschneidung des Vagosympathicus am Halse) an Fröschen angestellt,

wo der ganze Process viel träger verlauft, ich habe die meinigen an Säugethieren ausgeführt (Tübinger Archiv 1852, I).[1]) Vor mir hatte auch *Budge* mit *Waller* einige gemeinschaftliche Versuche über diesen Gegenstand angestellt.

Bei Säugethieren (ich wählte Hunde, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen) beginnt die Veränderung des vom Centrum abgetrennten Nervenstückes schon am vierten oder fünften Tage. Vergleicht man ein Präparat aus einem *frischen* Nerven, der seit etwa einem Tage seine Erregbarkeit verloren hat, mit einem anderen aus einem gesunden Stamme desselben Thieres, so kann man, wenn man schnell nach dem Tode untersucht, erkennen, dass, während die gesunden Nerven noch keine eigentliche Gerinnung ihres Inhaltes, sondern nur doppelte Ränder zeigen, das Mark des gelähmten Nerven schon wie leicht geronnen aussieht. Hat man sehr *schmale* Nervenfasern, so verschwindet in *diesem* Stadium jeder Unterschied zwischen den gelähmten und den undurchschnittenen, sobald in beiden die Gerinnung einmal vollständig zu Stande gekommen ist. Breitere Primitivfasern lassen aber jetzt schon auch nach vollendeter Gerinnung einen Unterschied bemerken; die gesunden nämlich zeigen nach der Gerinnung durchweg doppelte Conturen und einen wolkigen Inhalt, der an einigen Stellen sehr dicht ist, an anderen sehr dünn bis zum neblig durchsichtigen wird. Aber, und dies ist *wesentlich*, die dunkleren und die lichteren Stellen der ganzen Wolke hängen zwischen den doppelten Rändern *ununterbrochen mit einander zusammen*, sie zeigen nirgends scharfe Abtheilungen. Vergleicht man damit die Gerinnung in einem recht breiten gelähmten Nerven, so sieht man schon um die angegebene Zeit die sonst der beschriebenen ganz ähnliche Gerinnung, wie durch eine Anzahl scharfer Querschnitte unterbrochen, welche die ganze Masse in eine Zahl ungleich langer sich als Rechtecke darstellender Körper theilt. Die innere Contur der Nervenfaser nimmt an diesen Zerklüftungen Theil, die äussere läuft über sie weg. Die Nervenenden im Innern der Muskeln sind um diese Zeit schon sehr deutlich und auffallend degenerirt.

Charakteristischer, und selbst an minder breiten Fasern sichtbar, zeichnet sich dieser Zustand die folgenden Tage, wenn die Theilungsstellen sich immer zahlreicher einfinden, so dass der ganze Nerveninhalt das Ansehen erhält, als wäre er in eine grosse Anzahl von Würfeln getheilt. Die einzelnen Würfel gehen am zehnten bis vierzehnten Tage der Lähmung fast gleichzeitig eine doppelte Umwandlung ein. Sie verändern ihre Form, indem sie allmählich durch Aufsaugung ihre Ecken verlieren, so dass sie mehr oder weniger abgerundete Massen darstellen, welche noch die Breite des inneren Raumes der Primitivfaser haben. Jede dieser Massen erleidet aber eine Fettmetamorphose, welche sie in viele grössere und kleinere an einander haftende, stark lichtbrechende Kugeln theilt, deren Ränder sich vielfach decken. Dies gibt ihnen nach und nach ein dunkeles, schwarz bräunliches, unebenes Ansehen, etwa wie das vieler Körnchenzellen, die Aufsaugung geht nun weiter von den Ecken auch auf die Ränder der Haufen über, wodurch diese mehr oval und schmäler werden, als der Markraum der Primitivfaser. Dass hierbei

---

[1]) Zur Zeit als ich diese ersten Untersuchungen veröffentlichte, waren mir die Arbeiten von *Waller* nur aus einem höchst mangelhaften Auszuge bekannt, den ich für eine getreue Uebersetzung hielt. Es war mir daher nicht möglich, damals *Waller*'s grosse Verdienste um diese Sache und seine unbestrittene Priorität in Betreff mehrerer Punkte gebührend hervorzuheben.

der innere der doppelten Nervenränder ganz verloren geht, versteht sich von selbst.

Die länglichen Bläschenhaufen zerfallen nun nach und nach, aber im Ganzen ziemlich langsam. Einige werden fast ganz resorbirt, so dass man an ihrer Stelle sehr schön die freie Begränzungshaut des Nerven sieht, in der noch ganz vereinzelte Tröpfchen liegen, andere werden zu dichteren diffusen Bläschengruppen, die aber keinen Zusammenhang mehr zeigen. So trifft man es ungefähr in der vierten Woche. Später lichten sich diese Gruppen, es verschwinden immer mehr von den Bläschen, aber noch nach mehreren Monaten sind in der sonst leeren zusammengefallenen Nervenhülle einzelne sehr kleine derselben erkennbar. Je schmaler der Nerv, um so weniger reich sind die ovalen Gruppen an Fettbläschen; und an ganz dünnen Nervenröhren z. B. den schmalsten des Sympathicus stellt die erste Entartung nur eine einfache durch längere freie Zwischenräume getrennte Bläschenreihe dar, so dass man hier die Degeneration nur dann gut erkennt, wenn man *unmittelbar* nach dem Tode untersucht.

Eine andere, vollkommen richtige Bemerkung, die schon von *Nasse* herrührt, ist, dass bereits zur Zeit, wo die tiefere Entartung des Nerven beginnt, man denselben mit Nadeln viel *leichter* als einen gesunden zerfasern kann. Die aus den zerrissenen Nervenhüllen austretenden Fetttropfen ertheilen der Flüssigkeit, welche man beim Präpariren zusetzt, ein deutliches *emulsives* Ansehen.

Da die äusseren Contouren des Nerven etwas zusammengehen, wenn die ovalen Haufen schmaler werden und die Aufsaugung doch nicht überall ganz gleichförmig geschieht, so haben entartende Nervenfasern an verschiedenen Stellen eine rasch wechselnde *verschiedene Breite*. Dies hat schon *Staninus* bemerkt. (M. A. 1847, pag. 452.)

Die Entartung in den feinsten Aestchen der Nerven, z. B. im Innern der Muskeln, beginnt nicht, wie man behauptete, früher, als in den Nervenstämmen, aber gleichzeitig anfangend, schreitet sie hier rascher vorwärts, so dass man zu einer Zeit, wo man die Primitivfasern der Stämme noch erkennt, in Schnitten aus Muskeln gar keine Nervenverästelungen mehr unterscheiden kann. Die allerletzten Endvertheilungen motorischer Fasern, die der Markscheide entbehren, können natürlich Veränderungen wie die *beschriebenen* nicht zeigen, aber sie bleiben, wie wir sehen werden, auch von anderen Entartungen verschont, denn der nur motorisch gelähmte Muskel behält seine neuromusculäre Reizbarkeit bei. Nichtsdestoweniger sind aus den oben (pag. 19) angeführten Gründen jene Nerven dann nicht mehr in den Muskeln mit Bestimmtheit nachzuweisen.

Die äussere Hülle der Primitivfaser widersteht, wie wir gesehen haben, der paralytischen Zerstörung. Untersucht man Nerven, die vor einigen Monaten ohne Regeneration durchschnitten worden sind, so erkennt man diese Hüllen als leere, theilweise zusammengeschrumpfte, blasse Röhren, die an ihren Rändern mit vielen alternirend einander gegenüber gestellten länglichen Kernen versehen sind, die durch Essigsäure deutlicher werdend in Kali verschwinden. Diese Kerne brechen das Licht ganz in derselben Weise wie die Markscheide des Nerven, sie mussten daher übersehen werden, ehe ich das Verschwinden des Markes und die Schicksale der degenerirenden Nerven methodisch verfolgt hatte. Es ist darum nicht zu verwundern, dass ihr plötzliches so deutliches Hervortreten in einer späteren Periode der Nervenveränderung, *Waller*, der sonst die Nervenscheiden unbeachtet liess, zu einer ganz eigenthümlichen An-

nahme führte. In der That erklärte er die leeren, so lange sich erhaltenden Nervenscheiden für nichts Anderes, als für *neu gebildete Nervenfasern*, welche die alten verdrängt hätten. Seitdem ich aber (Comptes rend. Tome XXXVIII, pag. 451) auf seinen Irrthum aufmerksam gemacht, ist derselbe allgemein erkannt und verlassen worden.

Nicht die Nervenscheiden allein überleben die Zerstörung des Markes, sondern ein noch viel wichtigeres Gebilde im Innern der Röhre, *der Achsencylinder*. Man sieht ihn aber wegen seines bekannten optischen Verhaltens nicht unmittelbar bei mikroscopischer Betrachtung der entleerten Nervenscheide, sondern man muss das Präparat einer wenigstens vierundzwanzigstündigen Behandlung mit Chromsäure oder Sublimat aussetzen, man sieht ihn dann als einen schmalen, scharfrandigen, geraden, winklig geknickten, an vielen Stellen sogar spiralig oder korkzieherartig gewundenen Faden im Centrum der Nervenröhren. Will man ihn sehr schön sehen, so setze man dem Präparat vor der Untersuchung etwas verdünnte Essigsäure zu. Den Achsencylinder sah ich noch bei Säugethieren am Ende des fünften Monats nach der Nervendurchschneidung ohne Regeneration. Später aber wird er, wie es scheint, undeutlich, während sich die Nervenscheide unbegrenzte Zeit (ich sah sie noch nach drei Jahren) erhält.

Frösche zeigen gleich den Säugethieren und Vögeln die eben beschriebenen Veränderungen, aber ihr Eintritt lässt nach meinen Erfahrungen besonders im Winter ausserordentlich lange auf sich warten. Wir haben gesehen, wie spät oft die Erregbarkeit der Nerven schwindet. Dann kommt erst ein langdauerndes Stadium von Gerinnung des Inhaltes, ohne dass noch die charakteristischen Zerklüftungen eintreten, bis auch diese und ihre Folgezustände langsam zu Stande kommen. Es scheint von besonderen Witterungsverhältnissen abzuhängen, wenn die Nervengeneration bei Fröschen so frühe auftritt, wie in den von *Waller* zuerst publicirten Versuchen.

Den eben angeführten Umständen ist es zuzuschreiben, wenn die meisten Forscher, welche sich bei Fröschen von den *charakteristischen* Veränderungen gelähmter Nerven überzeugen wollten, sich in ihren Erwartungen getäuscht fanden. Die meisten operirten Frösche erleben den Tod ihrer Nerven nicht. Die Persistenz des Achsencylinders nach dem Verschwinden des Nervenmarks ist neuerdings von *Lent* und *Wundt* in Zweifel gezogen worden. Der erstere hat sich indessen nicht der richtigen Methode zur Darstellung des erwähnten Gebildes bedient. *Wundt* hingegen scheint, nach mehreren Stellen seiner Schrift zu urtheilen, unter Achsencylinder etwas anderes zu verstehen, als was wir gewöhnlich so bezeichnen. Von einer Erhaltung des Achsencylinders im *Wundt*'schen Sinne kann natürlich nicht im Entferntesten die Rede sein, wie ich ihm sehr gerne zugestehe.

Uebrigens bin ich nicht der Ansicht, wie ich dies auch schon früher ausgesprochen, dass der Achsencylinder im gelähmten Nerven wirklich in seiner physiologischen Integrität erhalten sei. Nur in Betreff seines optischen Verhaltens unter dem Mikroscope zeigt er keine Veränderung. Die beschriebene Entartung der Nerven kommt auch bei Menschen nach Verwundungen und nach manchen Krankheiten der Centralorgane vor.

Bei Säugethieren in tiefem *Winterschlaf* ist die Degeneration ausserordentlich verlangsamt. Der untere Abschnitt des Schenkelnerven eines Murmelthieres, den ich seit fünf Wochen durchschnitten, und das während dieser Zeit etwa zwei Tage lang gewacht hatte, war nicht deutlicher entartet als der Nerv eines wachenden Hundes etwa am fünften Tage. Ein anderes Murmelthier, dem ich im Winterschlaf den Ischiadicus durchschnitten, lebte 66—67 Tage und wachte während dieser Zeit 4—5 Tage. Herr *Valentin*, der den Nerven nach dem Tode untersuchte, fand ihn nicht weiter entartet als etwa bei einem Hunde 10 Tage nach der Operation. Eine Auflösung und Neubildung der Nerven während des Winterschlafes konn-

ten *Valentin* und ich, im Gegensatz zu den Ansichten eines bekannten Anatomen, *niemals* beobachten.

Es lässt sich zeigen, dass die Degeneration derselben wesentlich von dem Zerstörungsprocesse ***verschieden*** ist, dem todte Nerven unterliegen, und dass die ***Fortdauer der Circulation*** im Nerven ein wesentliches Bedingungsglied für das Zustandekommen derselben bildet. Am besten gelingt der Versuch bei Katzen. Tief aetherisirten Thieren dieser Art legt man hoch oben am Schenkel den N. ischiadicus bloss und zieht ihn mit kräftigem stetem aber langsamem Zug aus dem Becken heraus. Man bekommt so ein langes abgelöstes Wurzelstück des Nerven, an welchem im glücklichen Falle noch die Spinalganglien hängen, die man dann wegschneiden muss. Man bringt das ganze herausgezogene Stück in die Tiefe der Schenkelwunde, welche man sorgfältig zunäht. Der Schenkelnerv scheidet sich jetzt in zwei Partien, die ***herausgezogene*** obere, deren von Aussen zutretende Gefässe alle durchgerissen sind, und die ***untere,*** die zwar eben so wenig an der Innervation, wohl aber noch am Kreislauf Theil nimmt. Nun zeigt es sich merkwürdigerweise, wenn man das Thier nach etwa drei bis vier Wochen untersucht, dass nur die untere Nervenpartie, so weit sie noch mit den Gefässen verbunden war, die beschriebene Veränderung eingegangen, die obere Partie hingegen zeigt zwar Markzerrinnung, aber keine Zerklüftung in Fetttröpfchen, keine Aufsaugung derselben. Der Inhalt der Primitivfasern, die durchaus nicht leicht zu isoliren sind, ist zusammenhängend, gelblich, an einigen Stellen verschmälert, an anderen verbreitet und wie mit seitlichen Zacken und Ausschweifungen versehen, dichtere gelbliche Tropfen sind wie eingesprengt, aber durchaus durch keinen Zwischenraum vom übrigen Inhalt getrennt. Die Veränderung scheint derjenigen zu entsprechen, welche *Virchow* als brandige Nervenfasern beschrieben hat. Das ganze Nervenstück zeigt eine sehnige Resistenz.

In der That finden sich solche Nervenfasern im Innern brandiger Gewebe des Menschen nach tiefen Zerreissungen, Zerklüftungen etc. vor, und in der Nähe zeigen sich manchmal andere Nerven, die, ohne der Circulation beraubt zu sein, durch den branderzeugenden Eingriff von ihren Centraltheilen getrennt, die oben beschriebenen Lähmungsveränderungen zeigen. (Vergl. *H. Demme*, die Gewebsveränderungen durch Brand. Frankfurt 1857, pag. 89.) Ich werde unten noch weitere Beweise dafür anführen, dass die Lähmungsdegeneration der Nerven nicht von Verletzung der in ihren Hüllen verlaufenden Gefässe herzuleiten ist.

Auch die täglich wiederholte mässige Galvanisirung der Nerven kann die Degeneration weder verhindern noch beschleunigen.

Entzündung des verwundeten Nerven. Während fast die ganze untere Partie des durchschnittenen Nerven die oben beschriebene Umwandlung zeigt, geht eine, gewöhnlich sehr kurze, Strecke in unmittelbarer Nähe des Schnittendes in einen andern Zustand über, dessen, besonders nach der zweiten Woche durch den ersten Anschein sehr begünstigte Verwechselung mit der paralytischen Entartung zu grossen Irrthümern Veranlassung gegeben hat.

Diese „Entzündung" des unteren Schnittendes charakterisirt sich in der ersten Woche durch Röthe und Anschwellung, später aber dienen folgende Merkmale die Spuren der Entzündung im Nerven und Ganglion von der Entartung zu unterscheiden.

Die paralytische Nervenpartie ist ***sehr leicht*** in ihre Primitivbündel und Primitivfasern zu trennen, die entzündete setzt den Nadeln einen das Normale viel übersteigenden Widerstand entgegen Es finden sich in der entzündeten Nervenparthie, besonders gegen das Ende ***zwischen*** den Primitivfasern, eine Menge von kleinen runden oder ovalen Kernen mit centralem Kernkörperchen eingelagert, die sich durch ihre Gestalt und ihr Luftberechnungsvermögen von den Fetttropfen ***im Innern*** der paralysirten Nervenfasern unterscheiden. Der Inhalt der entzündeten Primitivfasern ist wie zusammengeschrumpft, (wie im Weingeist gekochte Nervenfasern) dabei vielfach zertheilt und zerspalten, aber nicht regelmässig in Tröpfchen und Kügelchen aufgelöst. Das entzündete Nervenende oder Ganglion ist gewöhnlich mit den Nachbargebilden fest durch derbe Verbindungen verwachsen, das nicht entzündete Schnittende haftet der Umgebung nur locker

an. Die entzündeten Ganglien haben eine fast knorplige Resistenz, ihre Kugeln haften fest zusammen, zwischen ihnen ebenfalls die erwähnten Kerne. Die Ganglienkugeln erscheinen dabei meistens scharfeckig und wie abgeplattet.

Wir werden bald sehen, dass die Kenntniss dieser Charaktere für die Beurtheilung mancher Versuchsresultate unumgänglich nöthig ist.

In den Nervencentren scheint die Entzündung nach Verletzungen eine andere Form anzunehmen und gleicht mehr einer Erfüllung mit sogenannten Entzündungskugeln, welche alle Zwischenräume zwischen den Fasern einnehmen. Auf diese Entzündung beziehe ich denn auch alle Veränderungen, die man in den Centren nach Trennungen des Zusammenhanges wahrgenommen hat. Eine eigentliche paralytische Entartung der Fasern habe ich in den Centren nie gesehen und auch von *Virchow* wird ihr Vorkommen in Zweifel gezogen. Die Entzündung und ihre Produkte sind hier am ausgesprochensten ganz in der Nähe des sie erzeugenden Eingriffes, scheinen sich aber in stets abnehmendem Maasse nach der Länge einzelner Faserzüge hin eine Strecke weit auszubreiten, worüber namentlich *Türk* in Wien zu verschiedenen Zeiten werthvolle Beobachtungen gemacht und in den Wiener Sitzungsberichten mitgetheilt hat. Diese Beobachtungen können aber bis jetzt noch nicht physiologisch verwendet werden. Sehr wahrscheinlich ist es, dass die verschiedenen Faserungen der Centraltheile, wie *Türk* vermuthet, in derselben Richtung leiten, wie sich, vom Krankheitsheerde ausgehend, die Körnchenzellen in ihnen entwickeln.

3) Ernährungscentra der Nerven. Bisher haben wir nur von den Entartungen gesprochen, welche am *peripherischen* Ende der verschiedenen entfernt von ihrem Ursprunge durchschnittenen Nervenstämme beobachtet werden. Es fragt sich nun, sind es wirklich die eigentlichen Centraltheile, oder andere in der Nähe der Nervenursprünge liegende Gebilde, welche die normale Ernährung der Nerven in der Weise bedingen, dass sie diese degeneriren müssen, wenn sie von jenen abgetrennt sind.

Waller hat in einigen Versuchen bei Fröschen das Rückenmark zerstört, oder bei Säugethieren die beiden Wurzeln eines Spinalnerven zwischen Mark und Ganglion durchschnitten, so dass der peripherische Theil des sensibeln Nerven noch mit dem Spinalganglion in Verbindung stand.

Die motorischen Nerven waren in Folge dieses Versuches *immer* entartet. In Betreff der sensibeln aber waren die Ergebnisse anfangs widersprechend und verschieden, je nachdem das kurze Schnittende bis zum Ganglion, oder auch dieses selbst von der *Entzündung* ergriffen wurde, welche man damals noch nicht genügend von der eigentlichen *Degeneration* unterscheiden konnte.

Günstige Fälle aber, in welchen die Entzündung äusserst beschränkt war, führten *Waller* zu der Erkenntniss, dass, wenn die vom Rückenmarke getrennte sensible Wurzel noch mit ihrem Ganglion in Verbindung steht, weder der von diesem centripetal verlaufende demselben anhängende Wurzelstumpf, noch die peripherische Verbreitung des sensibeln Nerven entarten. Hingegen degenerirt das *centrale, noch dem Rückenmark anhängende,* vom Ganglion getrennte Wurzelstück.

Diese auch durch meine Untersuchungen vielfach bestätigte Thatsache, in Verbindung mit der constanten Entartung des motorischen Nerven, führen *Waller* zu dem Schlusse, dass nicht im Mark, sondern im Ganglion das Ernährungscentrum für den sensibeln Nerven liege, dass aber der motorische Nerv vom Rückenmark aus ernährt werde.

Allerdings war nach der Durchschneidung der vorderen Wurzel am Rückenmark in meinen Versuchen stets die ganze peripherische Ausbreitung des motorischen Nerven entartet, so dass in den entsprechenden Muskeln auch *nicht eine einzige* gesunde Primitivfaser mehr entdeckt werden konnte, an dem getrennten entarteten Theil der *Wurzel* selbst sah ich aber noch einige, den Scheiden der einzelnen Nervenbündelchen anliegende, ziemlich schmale normale Nervenfasern. Dem entsprechend beobachtete ich in dem gesunden Stumpfe der vorderen Wur-

zel, der noch dem Marke anhing, einige ganz ähnlich verlaufende desorganisirte Fasern. Wir werden später ihre Bestimmung erkennen.

Waller sah nun auch, wenn er das Rückenmark zerstört hatte, und die motorischen, aber nicht die sensibeln Wurzeln degenerirt waren, dass die Nervenfasern, welche in die Ganglien des Sympathicus eingingen und ebenso diejenigen, welche aus ihnen heraustraten, völlig erhalten waren, und *Küttner* hat später bestätigt, dass dies bei *Fröschen* sich ebenso verhält, wenn man die Rami communicantes zwischen Sympathicus und den Rückenmarksnerven durchschneidet. Dasselbe lehren meine eigenen Beobachtungen für *einzelne* der in den Rami communicantes enthaltenen Nervenfasern, wenn letztere bei Hunden auf nur einer Körperseite getrennt worden sind. Es wäre hieraus zu schliessen, dass auch die Ganglien des Bauchsympathicus der Säugethiere für manche der mit ihnen verbundenen Nervenfasern sowohl in centripetaler als in centrifugaler Richtung hin eine erhaltende Wirkung ausüben.

Durchschneidet man aber den Halssympathicus, so entartet, wie *Waller, Budge und ich* übereinstimmend gefunden haben, der gegen den Kopf zum Ganglion cervicale supremum aufsteigende Theil, während die von jenem Ganglion auf der oberen Seite zum Kopf gehenden Fasern erhalten bleiben, dieses Ganglion übt daher seine erhaltende Wirkung, wie es schon *Waller* aussprach, nicht nach *beiden* Seiten hin, sondern nur in *einer* Richtung aus.

Es liegt nahe, nach diesen Versuchen den *Ganglienkugeln*, die bei vielen Nerven in ihrem Verlaufe eingestreut sind, und bei den motorischen Spinalnerven sich an ihrer Wurzel im Centrum befinden, eine Art ernährenden Einflusses zuzuschreiben, obschon es schwer einzusehen ist, auf welche Weise diese Kugeln auf die *ganze* sensible Wurzel einwirken sollen, da sie doch bei höheren Thieren mit vielen Primitivfasern derselben gar nicht in Berührung zu treten scheinen, (*Kölliker's* Ansichten über den Bau der Ganglien habe ich auch für die Vögel bestätigt. Journal für Ornithologie von *Cabanis*, Band II, Supplement, pag. 246). Es treten aber dieser Annahme noch folgende Thatsachen entgegen.

Es kommen nach der Zerstörung des Lendenmarkes bei Tauben einzelne Fälle vor, wo trotz vollständiger Zertrümmerung und Entleerung des Markes auch in den *motorischen* Wurzeln mehrere breitere nicht entartete Nervenfasern im *Innern* der Nervenbündel gesehen werden, die sich von den vorhin erwähnten dünnen Nervenfibrillen auch dadurch unterscheiden, dass sie nicht wie diese ganz vereinzelt, sondern als ein kleines Bündelchen zu 2, 3, 5 parallel neben einander verlaufen. Sie liegen nicht bloss, wie die oben erwähnten Fasern, der Wurzel *an*, sondern *gehören* zu ihr und *verbreiten* sich mit ihr. Dies geht daraus hervor, dass, wenn man in diesen Fällen sehr viele dünne mit Kali befeuchtete Schnitte aus den Muskeln der gelähmten Füsse untersucht, man hie und da in ihnen einzelne oder in geringer Zahl neben einander liegende erhaltene Nervenprimitivfasern wiederfindet. Ihre Zahl ist immer grösser als die der unveränderten Nervenfasern in der Wurzel und übertrifft sie oft bedeutend. (Vermuthlich in Folge der Theilungen der Primitivfasern.) Erinnern wir uns nun, dass nach Durchschneidung der vorderen Wurzeln in den Muskeln sich *gar keine* erhaltenen Nerven mehr finden, so können obige Beobachtungen nur so gedeutet werden, dass die Zerstörung des Rückenmarks hier einzelne Nerven der vorderen Wurzel unverändert liess.

Ganz dasselbe traf ich in früherer und neuerer Zeit bei Fröschen, denen ich den hinteren Theil des Rückenmarks zerstört hatte.

Diese Erfahrung wird unterstützt durch das Resultat eines anderen Versuches, der freilich selten gelingt, weil hier die traumatische Entzündung meistens den Theil des Nerven zerstört, auf den es hauptsächlich ankommt. *Zieht* man nämlich die vordere Wurzel des zweiten Spinalnerven bei einer Anzahl von Hun-

den vorsichtig aus dem Rückenmarkskanal *heraus*, so dass sie ganz nahe dem Mark von diesem abreisst und ein *möglichst langes* Wurzelstück noch am Nervenstamm anhängt, dann wird zwar meistens nach einigen Wochen dieses in die Wunde eingeheilte Wurzelstück um sehr viel, oft um $^2/_3$ seiner Länge, geschwunden und entartet gefunden. Es zeigten sich jedoch mehrere Fälle, wo die von der Zerreissungsstelle ausgehende Entzündung und die darauf folgende Schrumpfung äusserst beschränkt waren, hier war nun auch ein Theil der dieser abgetrennten vorderen Wurzel angehörigen Primitivfasern normal geblieben, und einzelne normale Nervenfibrillen wurden dem entsprechend in denselben Muskeln wiedergefunden, welche nach der gewöhnlichen Durchschneidung der Wurzeln gar keine Nerven mehr erkennen liessen. Hingegen fanden sich im kleinen Stumpf der vorderen Wurzel, der noch dem Marke anhing, hier mehrere breite veränderte Primitivfasern.

Wenn also ein sehr langes Stück der Wurzel dem motorischen Nerven (wenigstens dem zweiten Spinalnerven des Hundes) anhängt, so können einzelne Primitivfasern durch diese Wurzel gerade so influirt werden, wie die sensibele Nervenpartie durch den Zusammenhang mit dem Ganglion. Bliebe die abgerissene vordere Wurzel ganz von aller Entzündung verschont, wäre in ihr die Circulation normal, so könnte man vermuthen, dass sie, wenn sie nur nahe genug dem Rückenmarke getrennt wäre, alle ihre Nervenfasern unverändert erhalten dürfte. (?)

Man kann also nach dem Vorhergehenden nur ganz allgemein annehmen, dass es für alle Nerven wenigstens *einen* Centralpunkt ihrer Ernährung in der Nähe ihres Ursprungs gibt, von welchem abgetrennt jede centrale wie peripherische Partie des Nerven desorganisirt. Wir kennen noch nicht die anatomische Eigenthümlichkeit dieses Centralpunktes, aber für die motorischen Nerven muss er bei Weitem näher am Mark (bis in dessen Substanz hinein) liegen, als für die sensibeln Wurzeln. Für die letzteren liegt er bei Säugethieren und Fröschen ganz im *Niveau* der Spinalganglien, er scheint aber nicht gerade durch die Continuität mit Ganglienkugeln *selbst* bedingt, denn:

1) Ist die Mehrzahl der sensibeln Fasern den Ganglienkugeln nur äusserlich anliegend und steht nicht mit ihnen in directer Verbindung.

2) Ist es für manche andere Ganglien ganz bestimmt erwiesen, dass sie *keinen* erhaltenden Einfluss auf die sie durchsetzenden Nervenfasern haben, welche *alle* entarten, wenn alle aus den Centren zu diesen Ganglien gehenden Nervenfasern durchschnitten sind. So verhielten sich die Ganglien der Zunge und der Lunge nach meinen Untersuchungen. So die Ganglien des Bauchsympathicus bei Vögeln, deren untere Spinalnerven *sämmtlich* entartet sind.

3) Das Ganglion cervicale supremum wirkt selbst nach *Waller*'s Untersuchungen nicht erhaltend auf die *beiden* Pole der Nerven, die mit ihm in Verbindung stehen, da wenigstens der anhängende Theil des Halssympathicus immer entartet. (Ueber den Kopftheil des Sympathicus nach dieser Operation vergleiche unten im Capitel von den Ganglien.)

Diese drei Punkte zeigen, dass die Ganglienbildung nicht immer auch einen Centralpunkt für die Ernährung bedingen *muss*. Es kann nicht als Beweis gegen diese Ansicht gelten, dass es Nerven gibt, die mehrere Ganglien besitzen, in deren Niveau jedesmal das Ernährungscentrum gewisser dem Nerven angehöriger Fasern liegt. So ist es z. B. beim Vagus des Kaninchens, Wurzel- und Stammganglien unterhalten hier die Ernährung anderer Vagusfasern und beide wirken für ihre Fasern in centraler und peripherischer Richtung. So verhält es sich für den Vagus der Vögel in Bezug auf ihr Kopf- und unteres Halsganglion, wie dies *Waller* zuerst beobachtet hat, und leicht zu bestätigen ist. Leicht anzustellen fand ich denselben Versuch besonders beim Maulwurf, wo das Resultat dasselbe ist. Hingegen scheinen nach einer von *Meissner* (Tübinger Archiv 1853)

veröffentlichten pathologischen Erfahrung beim Menschen die Ganglien des Vagus *ohne Einfluss auf die Erhaltung seiner Fasern* (das Stammganglion ist hier sehr schwach ausgebildet) und der Centralpunkt der Ernährung mehr *zu dem Mark heraufgerückt* zu sein.

Sind die Ganglienkugeln für einen solchen Centralpunkt nicht wesentlich, so braucht er aber auch für die motorischen Nerven nicht nothwendig im Mark selbst zu liegen, sondern kann in der Nervenwurzel nahe dem Mark gesucht werden. Dafür scheinen zu sprechen 1) die oben angeführten Erfahrungen an Hunden, deren motorische Wurzel des zweiten Spinalnerven nach dem Herausziehen trotz der Trennung vom Marke theilweise erhalten war. 2) Die Versicherung aller Embryologen, dass auch die nicht gangliösen Nerven schon völlig ausgebildet in die Höhle für die Centraltheile hineinragen, ehe sie sich mit diesen verbinden, so dass ihre Bildung nicht durch die Centraltheile bedingt sein kann. 3) Die pathologischen Fälle von spina bifida, in welchen das Rückenmark fehlte oder zerstört war, und trotzdem hintere und vordere Nervenwurzeln, so wie die Muskelnerven nicht atrophisch waren. 4) Die oben besprochenen Erfahrungen an Tauben und Fröschen, denen sicher das Lendenmark und wahrscheinlich noch ein Stück der angrenzenden Spinalnervenwurzeln mit zerstört war, während einzelne, vermuthlich mehr verschonte Fasern der motorischen Wurzel sich erhalten hatten und nicht degenerirt waren.

Wie sich die Spinalnerven des Menschen verhalten ist noch ungewiss. Nach einigen Beobachtungen, bei denen aber die mikroscopische Untersuchung fehlt, hatten nach Atrophien des Rückenmarkes öfter nur die motorischen Nerven gelitten, die sensibeln Wurzeln aber ihr normales Volum beibehalten. Dies stimmte mit *Waller*'s Ansicht. Hingegen veröffentlichte *Meissner* (Anatomie und Physiologie der Haut. Leipzig 1853, pag. 17) zwei Fälle von Apoplexie mit Lähmung der sensibeln Hautnerven der Hand, welche sich nebst den Stämmen in fettiger Degeneration zeigten. Dies würde darauf hindeuten, dass beim Menschen der Centralpunkt der Ernährung der Spinalnerven nicht in den Spinalganglien, sondern im Mark sich befände? Es erinnert dies an die beim menschlichen Vagus nach *Meissner* anzunehmenden Verhältnisse.

Der Trigeminus der Kaninchen verhält sich wie die Spinalnerven. Das Ganglion Gasseri ist der Centralpunkt der Ernährung für seine sensible Partie, und bei einer Trennung zwischen Hirn und Ganglion atrophirt der dem Gehirn anhängende Theil, bis in die Substanz des Pons hinein. Ist dies, wie zu vermuthen, beim Menschen ebenso, so wird diese Bemerkung ein Mittel in die Hand geben, die nach dem Ergebniss von Leichenöffnungen so oft unentschieden gebliebene Frage zu beantworten, ob im Gehirn aufgefundene Afterprodukte eine centrale Lähmung bewirkten, oder die Nervenwurzel in ihrem *Verlaufe* durch Druck leitungsunfähig machten. Centrale Lähmung wird den Nerven gar nicht, Druck auf die Wurzel nur den centraler gelegenen Theil allotrophisch machen. Lähmung des Ganglion Gasseri macht den ganzen Nerven entarten.

Die vorläufig nicht zu vermeidende Paradoxie, welche in der Annahme eines Centralpunktes der Ernährung unabhängig von den eigentlichen Centren der Thätigkeit der Nervenfasern liegt, hat auf die Vermuthung geführt, dass dieser Punkt kein anderer sei, als die Eintrittsstelle der ernährenden Gefässe in den Nerven. Leider ist diese Ansicht aus zwei Gründen zurückzuweisen, denn 1) die Nerven zeigen nach Entziehung des (ganzen) Kreislaufes eine andere Art der Atrophie, als nach einfacher Durchschneidung; 2) wenn ein Nerv nur einzelne Primitivfasern in Geflechte eines anderen Nerven schickt, so entarten diese Fasern, wenn ihre Wurzel durchschnitten wird. Es ist doch nicht anzunehmen, dass eine Trigeminusfaser, die in einem Ast des facialis verlauft, nicht an den Blutgefässen dieses Astes Theil haben, sondern die ihrigen von dem Trigeminusstamme her mit herüber ziehe.

Eine andere Auffassung, welche die Ernährungscentra als solche läugnet, weil sie mit den Centren für die Leitung im Nerven zusammenfielen, und der

unthätig gewordene Nerv nothwendig entarten müsse, bedarf nach den mitgetheilten Thatsachen für den denkenden Leser keiner weiteren Widerlegung.

Die Behauptung, dass ein Nerv von seiner *peripherischen* Verbreitung abgetrennt eine Aenderung seiner optischen Eigenschaften bald erkennen lasse, ist wohl nur das Product theoretischer Speculation. Die einzigen Thatsachen, auf welche man sich in dieser Beziehung berufen könnte, wären 1) der N. opticus atrophirt nach Verlauf von *sehr langer* Zeit, wenn das entsprechende Auge verloren gegangen ist. Es ist dies eine besonders von *Magendie*, sicher gestellte aber auch von Andern gemachte Beobachtung. Bei Vögeln soll nach *Magendie* schon nach vierzehn Tagen der äussere Umfang des tractus opticus sich etwas vermindert haben. Bei einem Hunde, den ich drei Jahre nach dem Ausfliessen des linken Auges untersuchte, war der äussere Umfang des Nervenstranges gegen den der anderen Seite *nicht* verringert, aber innerhalb der äusseren Nervenhülle befand sich sehr viel den eigentlichen Nerven frei umspülende Flüssigkeit. Die Primitivfasern der kranken Seite bis zum Chiasma enthielten noch sehr viele, ihre ganze Breite einnehmende und zum grossen Theil perlschnurförmig aneinander gereihte Fetttröpfchen, und waren schmaler als die Primitivfasern des opticus der anderen Seite.

2) Bei zwei Katzen und einem Hunde, denen ich die beiden Nervenwurzelreihen des Ischiadicus und Cruralis mit den Spinalganglien auf der linken Seite aus dem Rückenmarkskanale herausgezogen, fand ich nach vier bis sechs Wochen die Lendenanschwellung des Rückenmarks etwas unsymmetrisch, die linke Hälfte war ein wenig schmäler als die rechte. Von hinten gesehen war dies deutlicher als von vorn. Jedoch konnte die mikroscopische Untersuchung ausser der Veränderung der in das Rückenmark sich fortsetzenden hinteren Wurzeln, die nur eine kurze Strecke zu verfolgen war, zwischen dem Rückenmarksgewebe beider Seiten keinen Unterschied nachweisen.

Den centralen Abschnitt aller gemischten, motorischen, oder rein sensibeln Nervenstämme fand ich nach ihrer Resection (selbst nach Verlauf von $1^3/_4$ Jahren) ohne erkennbare Veränderung. Es erhellt hieraus, dass der N. opticus besonderen Bedingungen unterliegt, die man durchaus nicht als Regel für alle Nerven ansprechen darf.

C. Regeneration der Nerven.

1) Gibt es eine Regeneration der Nerven?

Die Wiederherstellung der Thätigkeit in einfach getrennten Nerven, oder in solchen, aus welchen man grössere Stücke ausgeschnitten hatte, wurden von einigen früheren Forschern geleugnet oder in Zweifel gezogen, von Anderen als eine seltene Erscheinung betrachtet, die sich nur ausnahmsweise darbiete; und auch jetzt noch wird gewöhnlich die Vereinigung der Schnittenden durch wahre leitende Nervensubstanz als ein nur langsam vor sich gehender, vielen und häufigen Störungen unterliegender Process bezeichnet. Diese Aussprüche sind sicher veranlasst einerseits durch die Wahl der Thiere, an denen man experimentirte. Frösche sind hier durchaus untauglich, und man hat sich fast allein an Hunde, Katzen und Vögel zu halten. Andererseits hat man beim Versuche selbst nicht die gehörige Vorsicht angewendet, um Complicationen zu vermeiden. Jede Zerrung des Nerven, jeder Druck auf denselben, führt ungünstige Nebenbedingungen herbei. Man darf daher den Nerven nicht aus der Wunde herausheben, darf ihn, ausser an der auszuschneidenden Partie, nicht mit der Pincette berühren, und muss sich vor Allem um ganz reine Schnittwunden ohne Druck und Zerreissung zu erzeugen, der schärfsten und besten Messer bedienen. Der Hautschnitt darf zur

Schonung des Instrumentes nicht mit dem Nervenmesser ausgeführt werden. Verfährt man auf diese Weise, so gelangt man zu dem Resultate:

Die Nerven sind, nächst dem Zellengewebe, die nach reinen *Schnittwunden am leichtesten wieder verheilenden Organe des Körpers.* (Bei warmblütigen Thieren.) Sie übertreffen in dieser Hinsicht die Knochen.

Ihre vollständige Regeneration, selbst nach grösseren Substanzverlusten, ist eine beständige Regel, die nur äusserst wenige, seltene Ausnahmen zählt.

Reine Schnittwunden, ohne Substanzverlust, heilen meistens in der ersten Zeit innerhalb weniger Tage.

Je jünger die Thiere sind, um so rascher geschieht die Verheilung und die Regeneration des Nervengewebes. So habe ich z. B. bei jungen Katzen Stücke bis zu einem Zoll Länge aus dem Nervus lingualis (an welchem ich am häufigsten meine Versuche machte) herausgeschnitten und schon im Verlauf der ersten 14 Tage die Rückkehr des Gefühles an der durch die Nerventrennung empfindungslos gewordenen Zungenhälfte beobachtet. Dasselbe sah ich ein Mal am infraorbitalis eines jungen Hundes nach der Resection eines Stückes von zwei Centimetern. Die sogleich zu erwähnenden anderen Versuche werden noch weitere Belege für meine Behauptung geben.

Dass die rasche Restitution der Nerventhätigkeit nach Schnittwunden, wie ich sie häufig bei Thieren gefunden, auch unter günstigen Umständen bei Menschen vorkommen kann, bemerkte *James Paget,* welcher mit grossem Erstaunen beobachtete, dass bei Kindern von 11 und 13 Jahren zehn und zwölf Tage nach der Durchschneidung des Nervus medianus und der umgebenden Weichtheile das Gefühl in den gelähmten Fingern zurückgekehrt war. Aber die Art der Verletzung durch die „lebendige Kraft" rasch geschwungener, scharf schneidender Instrumente war auch hier ganz von der Art, scharfe Schnittwunden zu erzeugen. Wenn *Paget* vermuthet, dass in diesen Fällen ausnahmsweise eine bisher noch unbekannte „primäre" Vereinigungsweise der Nerven eingetreten sei, während sonst die Verheilung secundär geschehe und viel längere Zeit in Anspruch nehme, so möge er bedenken, dass bei den gewöhnlichen Fällen von Verletzungen eine Quetschung des Nerven nicht zu umgehen war, und dass in den anderen Fällen, wo die Nerven nach absichtlichen, zu chirurgischen Zwecken unternommenen, Resectionen wieder zusammenheilten, entweder der Nerv selbst, oder, was hier von Belang ist, das operirte Individuum nicht vollkommen gesund und kräftig waren.

Je längere Stücke man aus dem Nerven ausschneidet, um so länger lässt die Vereinigung und Herstellung der Function auf sich warten. Bei alten Thieren dauert es oft schon nach Ausschneidung von einem Zoll mehrere Wochen, bis sich die Leitung wieder einfindet. Aber selbst Substanzverluste von etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll (5 Centimeter) konnten im Vagus von erwachsenen Hunden durch wirkliche leitungsfähige Nervensubstanz, freilich erst nach einigen Monaten, wieder ersetzt werden. Auch nach grösseren Verlusten ($5\frac{1}{2}$ und 6 Centimetern) sah ich die Nervenenden sich wieder verbinden, aber nur durch fibröse Stränge, die Leitung stellte sich nicht wieder her. Jedenfalls sieht man hieraus, dass die häufig wiederholte Angabe, dass nach Substanzverlusten über etwa 8 Linien die Nervenfasern nicht mehr leitend vereinigt würden, hinter der Wahrheit zurückbleibt, und dass die alten allgemein angefochtenen Angaben von *Michaelis* über die grosse Reproductionskraft der Nerven bei Weitem richtiger sind, als die Behauptungen seiner Gegner.

Die vorstehenden Beobachtungen beziehen sich auf Trennungen des Zusammenhanges, ohne alle weitere Verletzung. Hat man hingegen einen Nerven mit der Pincette einfach comprimirt, *ohne ihn zu durchschneiden*, so dauert die Herstellung der Function *sehr beträchtlich* länger, als wenn man den Nerven durchschnitten hätte, sie dauert selbst länger, wenn man das gequetschte Stück in seiner Stelle lässt, als wenn man es

ausschneidet. Hiervon überzeugt man sich sehr leicht, wenn man bei demselben Thiere die drei Aeste des facialis auf diese Weise behandelt.

Es scheint mir, dass die Torsion des Nervenstumpfes, welche *Valentin* nach Nervenresectionen zur Verhütung der Regeneration empfohlen hat, ihre Wirksamkeit hauptsächlich der damit verbundenen Compression verdankt. Wo mir nur kleine Nervenstrecken zu Gebote stehen, wende ich, um den Nerven dauernd zu zerstören, vor der Durchschneidung starke Compression des ganzen blossgelegten Nervenstückes mittelst einer gezahnten Pincette an.

Ueber die Wirkungen von Aetzung, Unterbindung der Nerven etc. vergleiche die Schrift von *Beclard* und *Descot*. (Ueber die localen Krankheiten der Nerven. Leipzig 1839, pag. 6 u. pag. 53.)

2) Regeneriren sich alle Nerven mit gleicher Schnelligkeit?

Bei allen oben erwähnten Erfahrungen ist die Wiederkehr der Empfindung als Zeichen der Regeneration der Nerven angenommen worden. Hingegen hat es sich gezeigt, dass, wenn man gemischte Nerven durchschnitten hatte, die *Rückkehr der Bewegung in dem gelähmten Gliede stets, und oft bedeutend, später eintrat, als die der Empfindung.*

Dies beweisen nicht nur meine eigenen zahlreichen Erfahrungen, sondern auch die Zusammenstellungen, welche ich von allen ausführlich erzählten Versuchen früherer Forscher gemacht habe. Letztere, und besonders die von *Steinrück* erlangten Ergebnisse zeigen auch, dass dasselbe auch für Thiere gilt, welche sonst der Regeneration weniger günstige Verhältnisse bieten, wie Kaninchen und Frösche, und chirurgische Erfahrungen haben es auch für den Menschen bestätigt.

Stelle ich nach meinen eigenen 34 Versuchen an *gemischten* Nerven, die an Hunden und Katzen gemacht waren, die Zeit der Empfindung der Wiederkehr neben die, wo die ersten Spuren der Bewegung sichtbar wurden, so verhalten sich beide Zeiträume im Mittel wie 8 zu 15.

Diese Ergebnisse berechtigen aber *noch nicht* zu dem Schlusse, dass die bewegenden Nerven sich langsamer als die empfindenden regeneriren, da wir schon erfahren haben, dass die Empfindung durch Reize leichter angeregt wird, als die Bewegung. Letztere braucht also wahrscheinlich, besonders wenn sie spontan erfolgen soll, einen viel grösseren Aufwand von Energie des Nerven als erstere, so dass ein Nerv auf der gleichen Stufe der Regeneration schon Empfindung, aber noch nicht Bewegungsantriebe fortpflanzen könnte. Ich habe daher noch eine andere Versuchsreihe unternommen, in welcher (und zwar hier bei Kaninchen) der Hüftnerv getrennt und das Wiedererscheinen ausgesprochener Empfindung in den vorher gefühllosen Theilen abgewartet wurde. Die Thiere, welche dies erlebten (und ein grosser Theil ging mir früher zu Grunde), wurden von Neuem ätherisirt, die Hüftnerven möglichst hoch über der früheren Verletzungsstelle abermals durchschnitten, und *unterhalb* der Schnittwunde wurde der Nerv (bei den oben angegebenen Vorsichtsmassregeln gegen unipolare Zuckungen) mit den starken Schlägen des Magnetelectromotors gereizt. Es entstanden nie Bewegungen in den gelähmten Muskeln. Einen ähnlichen Versuch findet man schon bei *Müller* und *Sticker* (Arch. 1834).

Also auch starke Reize können noch keine Bewegung hervorrufen, wenn schwache schon Empfindung erzeugen. Wären beide Arten von Nerven schon regenerirt, so müsste der Widerstand, welchen die Nerventhätigkeit bei der Erregung von Muskelthätigkeit findet, ein ganz unverhältnissmässiger sein.

Eine andere Versuchsreihe, in der ich gleichzeitig rein sensible und rein motorische Nerven bei Hunden durchschnitt, (ich wählte entweder infraorbitalis und facialis, oder lingualis und hypoglossus) zeigte, dass zur Zeit, wo die Em-

pfindung wiederkehrte, die sensibeln Nerven im peripherischen Theile schon regenerirt waren, aber der motorische Nervenstumpf führte nur entartete Primitivfasern. Hiernach durfte, da alle diese Versuche übereinstimmten, entschieden behauptet werden, dass die motorischen Nerven sich langsamer als die sensibeln regeneriren.

Was die wahren Zeitverhältnisse der Regeneration an diesen genannten Nerven betrifft, kann bei der verschiedenen Leitungsfähigkeit der Nerven, welche sensibele und motorische Leitung in Anspruch nimmt, hierüber nur auf zwei Wegen annähernd entschieden werden. Der erste bestünde darin, bei einer sehr grossen Anzahl von Thieren successive mikroscopische Untersuchungen vorzunehmen, um zu bestimmen, wann endlich der peripherische Theil des motorischen Nerven so weit entwickelt wäre, wie der sensible beim Wiederbeginn der Empfindung. Um diesen Weg zu betreten, müsste man vielleicht über mehr als hundert Thiere verfügen können. Eine andere Methode, die ebenfalls nur zu bedingten Resultaten führt, werden wir später kennen lernen. Hier sei nur bemerkt, dass die genannten rein sensibeln und motorischen Nerven, welche hier untersucht werden müssen, eine viel grössere Differenz in der Zeitdauer ihrer Regeneration zeigen, als die verschiedenen Fasern eines und desselben gemischten Nerven.

Es darf übrigens noch nicht ganz allgemein ausgesprochen werden, dass *alle* bewegenden Nerven zu ihrer Regeneration viel mehr Zeit erfordern, als die sensibeln. Es gilt dies bloss für die *Bewegungsnerven der freien Scelettmuskeln.* Mehrere Versuche aber, die ich früher anstellte, deuten darauf hin, dass die Nerven, welche die Muskelhaut der Blutgefässe beherrschen, sich noch schneller regeneriren können, als die Gefühlsnerven. Da diese Versuche aber noch von einem anderen Standpunkte aus wiederholt werden müssen, so werde ich erst später auf sie zurückkommen.

3) Regenerationsprocess der Nerven.

Der *Vorgang* der Regeneration wurde hauptsächlich am N. lingualis und infraorbitalis studirt, um die Verwirrung der Bilder zu vermeiden, welche durch die ungleichmässige Entwicklung der sensibeln und motorischen Fasern entstehen muss. Später wurden auch zur Controlle der Vagus und andere gemischte Nerven nach Substanzverlusten untersucht, um die verschiedenen Zustände, deren Reihenfolge bereits aus den anfänglichen Studien bekannt geworden, noch einmal übersichtlich neben einander gestellt zu erblicken.

Unmittelbar nach der Resection eines Nerven ziehen sich die Schnittenden, wenn sie nicht durch sehr vorsichtige Schonung des grössten Theiles des umgebenden Zellgewebes festgehalten werden, elastisch zurück. Diese Retraction betrifft nicht, wie bei den grösseren Arterien, fast gleichmässig die ganze Länge des blossgelegten Nervenstückes, sondern sie ist stärker gegen das Schnittende hin, so dass hier die der Länge nach sich folgenden Nervenquerschnitte (mit der Lupe an den sogenannten Querbändern, mikroscopisch am entleerten Nerven an den Kernen der Scheide zu erkennen) sich *mehr einander nähern,* als an einer vom Schnitt entfernteren Stelle.

Die beiden Schnittenden erscheinen bald etwas geröthet, und *meistens* verdickt angeschwollen. Diese Anschwellung ist aber von sehr verschiedener Stärke und sie kann (was *Michaelis* schon wusste, aber von allen neueren Beobachtern übersehen wurde) in manchen Fällen ganz oder fast ganz fehlen, und diese Fälle sind gerade diejenigen, in welchen die Regeneration am schnellsten und vollständigsten vor sich geht. Mikroscopisch untersucht zeigt die Anschwellung schon in den ersten Tagen zwischen den Primitivfaserbündeln kleine mehr oder weniger rundliche Exsudatkörperchen, d. h. Kerne mit Kernkörperchen. Einzelne finden sich auch zur vollständigen Zelle entwickelt. Die Anschwellung ist stärker am centralen, schwächer am peripherischen Schnittende.

Nach wenigen Tagen sieht man in der Anschwellung zwischen den Kernen eine structurlose bindegewebartige Substanz, die man mit den Nadeln nach allen Richtungen spalten kann. Diese Substanz erstreckt sich nun jenseits der Anschwellung über das Schnittende in der Richtung der Längenachse des Nerven hinaus, und stellt so eine immer dünner werdende, zuletzt in einen oder mehrere mit den Nachbargeweben innig verschmolzene Fäden auslaufende Fortsetzung des Nerven dar. In dieser Fortsetzung des Stranges sind *sehr* bald, Anfangs runde, später längliche, alternirend einander gegenüber gestellte Kerne sichtbar, die bei Anwendung von Essigsäure besonders hervortreten. Mit oder nach ihrem Auftreten wird die bisher scheinbar indifferent geschichtete Masse nach der Richtung dieser Kernreihen spaltbar, so dass man Reihen von über- und nebeneinander gelagerten (platten?) Fäden erhält, die man, wo die Anschwellung wenig bedeutend ist, jetzt schon zum Theil als eine Fortsetzung der Nervenfasern der Schnittenden erkennen kann, wenn man vorsichtig unter dem Sectionsmikroscope präparirt. Früher verhielt sich das Ganze wie gewöhnliches Zellgewebe. Auch jetzt macht Kali und Natronlauge noch alles sehr schnell durchsichtig, aber die einzelnen Cylinder haben eine grössere Resistenz gegen diese Reagentien, sie treten vor dem anderen Fasergewebe mehr hervor, nehmen eine schwach gelbliche Farbe an, ihre Contouren bleiben länger erhalten, so dass sie sich in ihren Reactionen schon mehr denen der Primitivfaserscheiden anschliessen. Während dessen verlängert sich die so sich umbildende Fortsetzung der beiden Schnittenden immer weiter in der ursprünglichen Richtung. Die Nervenstümpfe wachsen auf diese Weise über die Anschwellung hinaus. Hat man beide Nervenstümpfe an ihrer Stelle gelassen und kein allzu grosses Stück herausgeschnitten, so können sich ihre Fortsetzungen begegnen und vereinigen, aber diese Fortsetzungen *entstehen* nicht, wie man in poetischer Anwandlung hie und da behauptet hat, aus einer gegenseitigen Anziehung der beiden Schnittenden, denn sie finden sich auch in der bisher beschriebenen Ausbildung nur an *einem* peripherischen oder centralen Ende, wenn man das andere ganz entfernt und exstirpirt hat. Der zerschnittene Nervenstumpf *verlängert sich immer*, und *kann* sich deshalb regeneriren, er thut es nicht, *um* sich zu regeneriren.

Während dieser Vorgänge aber nimmt im ganzen unteren Nervenstück die oben beschriebene Entartung des Markinhaltes ihren ungestörten Fortgang, das Mark schwindet bis auf vereinzelte Fettkügelchen, und der Axencylinder, wenn er auch seine *äussere Form* nach Zusatz geeigneter Reagentien behalten zu haben scheint, hat schon vom vierten Tage an, wie wir wissen, seine wesentlichste Eigenschaft verloren, denn der Nerv ist nicht mehr leitungsfähig. Ob dieser offenbar veränderte aber erhaltene Axencylinder des unteren Nervenstückes ebenfalls wie die Nervenprimitivscheiden gegen die Narbe hin verlängert wird, oder nicht, ist mir bis jetzt entgangen, und alle *jetzt noch* zu beschreibenden Fortschritte des sich regenerirenden Nerven gehen von dem centralen Schnittende aus. Ich sah sie wenigstens hier und in dessen Nähe früher eintreten, als am unteren Stumpfe und in dem ihm entsprechenden Narbentheil.

Die von den Kernreihen begränzten isolirbaren Fortsetzungen der Nervenröhren bekommen äusserst zarte Längsstreifen, die man bei schiefem Licht am besten sieht. Dabei wird die Isolirung der einzelnen Fasern immer leichter, ihre Resistenz gegen Kali und dadurch ihr Unterschied von den *Remak*'schen Fasern immer markirter. Sie bekommen jetzt an den Seiten jeder blassen feinstreifigen Portion eine dunklere Linie als den Ausdruck einer vom Inhalt unterschiedenen Scheide, in welcher die Kerne liegen. Vor den vielen kleinen Bindegewebsportionen, die immer noch zwischen ihnen liegen, zeichnen sie sich durch ihre graugelbliche Farbe aus. Der neue Nerv bekommt jetzt ganz das Ansehen einer Primitivfaser des Olfactorius, wie diese zeigt er hie und da Andeutungen doppelter aber wenig dunkeler Ränder, aber der *äussere* dieser Ränder ist hier noch ausgesprochener als der *innere*. Beim ausgebildeten Nerven, wo freilich diese Ränder eine andere Bedeutung haben, findet das Gegentheil statt. Vom Olfactorius unterscheiden sich hingegen diese Fasern durch die grössere Consistenz ihres feingestreiften Inhaltes, der an den Schnittenden durchaus nicht ausgedrückt werden kann, und der durch caustisches Natron nicht leicht ausfliesst. Die Nervenanlagen in der ganzen Länge der Narbe gehen in den eben beschriebenen

Zustand über und auch in der peripherischen Partie des Nerven sieht man, nachdem der alte Markinhalt zerfallen ist, einen solchen feinstreifigen Inhalt, dem die Scheide genau anliegt, so dass jetzt jeder Primitivfaserrest bedeutend verschmälert erscheint.

Später sieht man aber in den einzelnen Nervenfasern, sowohl der Narbe als des marklos gewordenen Stückes, die etwas dunklere Hülle von dem streifigen Inhalt wie abgehoben, und zwischen ihnen erscheinen breite viereckige oder etwas abgerundete Platten, die sich als Fett zu erkennen geben. An diesen Stellen ist der Nerv wie bauchig verbreitert. Die Zahl der Platten mehrt sich, und überall, wo sie liegen, werden die Kerne der Scheide nicht mehr gesehen. Starker Druck auf den Nerven kann oft die Platten verschieben und die Kerne wieder zum Vorschein bringen. Letztere waren also nur durch die das Licht mit ihnen gleich brechende Unterlage verdeckt, nicht aber verschwunden, wie sie auch im degenerirenden Nerven erst dann sichtbar wurden, als die Markscheide aufgelöst war. Die Platten stossen allmählich zur Markscheide zusammen. Die innere streifige Partie, der sich die Markplatten auflagern, bewährt sich somit als *Achsencylinder*, der, wo ihn die Markscheide umgibt, nicht mehr deutlich gesehen wird. Die Entstehung einzelner Platten scheint an den verschiedensten Stellen des Nerven gleichzeitig anzufangen, im unteren Nervenstück schliessen sie oft hier von früher her befindliche Fettkügelchen ein. Die *vollendete* Markscheide erscheint früher im *Stamm* des peripherischen Nerven als im Narbenstück, hingegen scheint sie in den Endverzweigungen des Nerven etwas verzögert, vermuthlich weil sie hier, wo bei der Degeneration die Fetttröpfchen sehr rasch schwinden, weniger verwendbares Material von früher her vorfindet.

Erst mit der Bildung der Markscheide erscheinen die Nervenfasern *dunkelrandig*. Das Mark ist Anfangs sehr *dünn* und mehrt sich erst sehr *langsam*, und daher kommt es, dass, wie schon frühere Beobachter gesehen, im peripherischen Theil eines früher durchschnittenen Nerven die Primitivfasern noch lange sehr schmal sind.

Dies die einzelnen Thatsachen in kurzer Uebersicht. Es ist hier der Ort nicht, zu zeigen, wie die einzelnen *Beobachtungen*, welche von früheren Forschern über einzelne Momente des Regenerationsvorganges gemacht worden, mit meiner Darstellung nicht im Widerspruch stehen, wie man aber aus einzelnen Ergebnissen der Narbenzerfaserung zu vorschnell, je nach den gerade herrschenden histologischen Ansichten, eine Theorie des Neubildungsprocesses ableiten wollte. Ich verweise auf *Nasse*'s und *Beneke*'s Archiv I. Göttingen 1853, pag. 618, wo ich in kurzen Andeutungen das *Faktische* in den Angaben der verschiedenen Beobachtern in seiner Berechtigung als einzelnes vorübergehendes Stadium nachgewiesen. Auch *Bruch* hat (Basler Verhandlungen 2. Heft 1855, pag. 198) seine Versuche über die Regeneration der Nerven bekannt gemacht, in denen das Thatsächliche sehr genau mit den obigen Angaben stimmt, wenn auch die Form, in die er seine Schlüsse einkleidet, denselben ein von den meinigen wesentlich verschiedenes Ansehen gibt. Der Leser wird bald die grosse Uebereinstimmung erkennen, die mir von Seiten eines so unabhängigen Forschers nur sehr erfreulich sein kann.

Das Wesentliche bei der Regeneration der Nerven nach Substanzverlusten ist nach der obigen Darstellung, dass, während der Markinhalt des unteren Stückes degenerirt, die Primitivfaserscheiden des oberen und des unteren Stückes einander entgegenwachsen und ihre Anfangs noch zellgewebige Natur dabei allmählich verändern, um mehr die Reactionen des elastischen Gewebes anzunehmen. Nach der Vereinigung der sich entgegenwachsenden Scheiden der Narbe sieht man in ihnen eine Anlage des Achsencylinders entstehen, die mit dem seiner Form nach persistirenden Achsencylinder der unteren Nervenpartie in Verbindung tritt. Die Scheide hebt sich allmählich von dem Achsencylinder ab, und zwischen ihnen entsteht die Anlage der Markscheide, die aus Anfangs getrennten, später sich verbindenden fettartigen Tröpfchen besteht. Die Markscheide bildet sich neu, sowohl in der Narbe, als im unteren Stück,

und ist im Stammtheil des unteren Stückes früher ausgebildet, als in der Narbe und in den kleineren Ramificationen.

Waller hat die Ansicht ausgesprochen, dass der peripherische Theil eines durchschnittenen Nerven immer ganz zu Grunde gehe und dass ein neuer Nerv aus dem oberen Stumpf herauswachse. Es ist jetzt allgemein anerkannt, dass diese Ansicht, wie ich es in den Comptes rendus Vol. XXXVIII, pag. 451 nachgewiesen, auf ganz falschen Deutungen beruht, und dass *Waller*'s angeblich neu gebildete Nervenfasern nur die entleerten alten Nervenscheiden bei gehinderter Reproduction sind. In ganz anderem Sinne hat *Bruch* (l. c.) von einem Auswachsen des alten Nerven nach der Peripherie hin gesprochen. Er gibt zu, dass die alte Nervenscheide den Träger und das Vehikel des neuen Nerven abgebe, und dass der „neue“ Nerv die in Auflösung begriffene Materie des alten als Ernährungs- und Bildungsmaterial benutzen könne. Es handelt sich also bei *Bruch* factisch um nichts anderes, als um eine Neubildung des Nervenmarks von den Stämmen nach der Peripherie hin, wie auch ich sie beobachtet. Den Achsencylinder hat *Bruch* nur in der Narbe, nicht im unteren Stück in Betracht gezogen. Wenn sich aber *Bruch* an einigen Stellen so ausspricht, als rücke das Nervenmark zuerst vom oberen Schnittende durch die Narbe gegen den Stamm des unteren Stückes, ehe es sich von hier aus weiter nach der Peripherie hin bilde, so steht dies im Widerspruch mit seiner eigenen Beobachtung und seinen schönen Abbildungen in der Zeitschrift von *Siebold* und *Kölliker* Band VI, 1854, tab. V. Hier sieht man in der *Narbe* das oben und unten bereits *vorhandene* Nervenmark noch fehlen, oder wenigstens nicht ausgebildet.

Wo ein grösseres Stück des Nerven ausgeschnitten war, werden die an den ursprünglichen Schnittenden befindlichen Anschwellungen, wenn sie überhaupt vorhanden waren, durch ein neu gebildetes Zwischenstück getrennt, welches lange Zeit hindurch viel dünner ist, als der übrige Nervenstamm. War das ausgeschnittene Stück sehr klein, so können beide Anschwellungen in *eine* verschmelzen, an der mehr oder weniger deutlich noch die Spur der ursprünglichen Trennung zu sehen ist.

Die Anschwellungen erhalten sich sehr lange, können aber endlich aufgesogen werden, so dass keine Andeutung der früheren Narbe mehr übrig bleibt. *(Drummond, Brown-Sequard.)* Diese Angabe habe ich dadurch bestätigt, dass ich einem Hunde mit regenerirtem Vagus den Nerven zu verschiedenen Zeiten innerhalb 10 Monaten mehrmals entblösste. Dasselbe sah ich einmal am Ischiadicus einer Taube.

Die Nervenregeneration erfolgt nicht immer ganz vollständig, sondern die Bewegungen, wenn sie auch wiederkehren, bleiben oft mangelhaft, so dass man schliessen muss, dass sich zwar die meisten, aber nicht alle Nerven wieder hergestellt haben.

Bei alten Thieren, und wahrscheinlich auch bei Menschen, darf man aber nicht jede Unvollkommenheit der Bewegungen nach längerer Zeit der Nervenlähmung auf die unvollständige Regeneration der Nerven schieben. Das Hinderniss der Bewegung kann, wie ich gesehen, auch von Verkürzung und Verknöcherung der Sehnen abhängen, die sich während der Zeit der Paralyse ausgebildet. Für den Chirurgen scheint es mir wichtig, darauf zu achten, ob diese an Hunden gemachte Erfahrung sich auch an Menschen bewähre.

Flourens hat bewiesen, dass wenn man zwei gemischte Nerven durchschneidet, und das centrale Stück des einen je an das peripherische des andern heftet, die Wurzel des einen Nerven mit der Peripherie des anderen zusammenheilen kann, ohne dass die Bewegungen dadurch sichtbar beeinträchtigt werden. Auch die Empfindung kehrt in diesen Fällen zurück. Die Frage, ob motorische und sensible Nerven zusammenheilen können, wird uns später beschäftigen.

Ich habe die infraorbitales und den lingualis zweier Hunde durchschnitten (mit Verlust eines kleinen Stückes) und *sobald* in den früher

gelähmten Theilen wieder unzweifelhaft Empfindung eingetreten war, die Narbe der Nerven untersucht und gefunden, dass hier zwar Nervenscheide und Achsencylinder, aber noch keine Spur von Nervenmark vorhanden war. Es wurde hierdurch der erste exacte, d. h. *experimentelle* Beweis für die schon öfter hingestellte Vermuthung geliefert, *dass der Axencylinder genügt, um Empfindung* (also wahrscheinlich auch Bewegung) *zu leiten.*

Für die Bewegung könnte die spätere Beobachtung von *Bruch* an einer Katze (*Siebold und Kölliker* l. c.) dasselbe beweisen, aber hier waren die Hüllen schon so sehr vom Axencylinder in der Narbe abgehoben, dass man vermuthen kann, es sei hier schon eine, wenn auch mikroscopisch noch nicht wahrnehmbare Anlage des Markes vorhanden gewesen.

Doppelte Durchschneidung der Nerven. Die Frage, ob ein Nerv, den man *gleichzeitig* an zwei verschiedenen Stellen durchschneidet, so wieder verheilen könne, dass das zwischen den beiden Schnitten liegende Stück wieder in den Nerven aufgenommen werde, ob ferner die obere Wunde früher sich vereinige, als die untere, ist noch nicht genügend behandelt worden. Man hat zwar mehrfach Versuche in dieser Beziehung angestellt, aber sie konnten zu keinem Resultate führen, weil die beiden Schnittwunden einander zu nahe lagen. Wenn man nur einen Zwischenraum von drei oder vier Linien zwischen ihnen lässt, kann man nie wissen, ob das Zwischenstück nicht gänzlich entfernt und durch Neugebilde ersetzt wurde. Siehe über diese Versuche bei *Beclard und Descot* und bei *Steinrück*. *Wundt* behauptet, dass in einem auf diese Weise isolirten Nervenstücke die Desorganisation rascher eintrete, als im unteren Nervenstumpfe. Ich konnte dies in Versuchen an Vögeln noch nicht bestätigen.

Von besonderem theoretischem Interesse ist die Frage, ob ein ***bereits desorganisirter*** Nerv, dessen Wiederherstellung verhindert wird, nach Schnittwunden und Resectionen wieder zusammenheilen könne. Ich habe an drei Hunden und zwei Tauben Versuche hierüber angestellt. Der Ischiadicus wurde bei Hunden aus dem Becken herausgezogen, und das Endstück von $2^1/_2$ bis 4 Zoll Länge resecirt, so dass eine Regeneration völlig unmöglich war. Nach mehreren Wochen, nachdem die ursprüngliche Wunde längst verheilt und der Nerv völlig allotrophisch war, wurde ein Stück von einer Linie aus dem tibialis derselben Seite ausgeschnitten. Die zwei bis drei Monate nach der zweiten Verletzung vorgenommene Untersuchung zeigte a) dass sich an den beiden Schnittenden des tibialis, wie an einem gesunden Nerven, Knoten gebildet hatten. (Von einem Grösseunterschied beider Knoten finde ich in den 5 Versuchen nichts notirt.) b) Die beiden Nervenenden hatten sich wieder mit einander verbunden. c) Die Narbe enthielt eine Fortsetzung der Nervenröhren des oberen und des unteren Stückes, die sich mit einander theilweise vereinigt hatten. Diese Nervenfasern der Narbe bestanden aus einer Scheide mit Kernen und allen Reactionen der Scheide entleerter Nerven, innerhalb der Scheide wies Sublimat auch eine Fortsetzung des nicht mehr reizbaren in den allotrophischen Nerven noch enthaltenen Axencylinders nach. Von einer Markscheide natürlich keine Spur, die als Platten erscheinende Anlage derselben fehlte, aber einzelne Fetttröpfchen schienen (bei der Präparation?) aus den Nervenstümpfen in die Röhren der Narbe herüber gerückt zu sein. Die Untersuchung an den zwei Tauben wurde viel früher nach der Verletzung des tibialis vorgenommen und hier zeigten sich auch noch die Knoten geröthet, oder vielmehr von rothgelber bräunlich angeflogener Farbe.

Diese Resultate bestätigen also: die degenerirten Nerven sind nicht ***atrophisch,*** sie sind ***allotrophisch,*** wie sie auch zur Erzielung ihres Zustandes der fortbestehenden Circulation des Blutes bedürfen. Die Regeneration der Nervenscheide und theilweise des Axencylinders geht auch vom ***entarteten*** Nervenstumpf aus, aber die Herstellung der inneren Verhältnisse des Axencylinders, die dessen Leitungsfähigkeit oder Erregbarkeit bedingen, (und die optisch nicht nachgewiesen sind) und die Erzeugung der Markscheide bedarf der Mitwirkung der Centraltheile.

In verschiedenen pathologischen Neubildungen, in Geschwülsten, besonders in Fasergeschwülsten der Haut, sind Nerven gefunden worden, die vermuthlich als neugebildete zu betrachten sind. Vielleicht sind dies auch die auseinandergedrängten, durch lange dauernden allmählichen Zug verlängerten und durch dickere Scheiden verstärkten ursprünglichen Nerven des Muttergewebes, aus welchen dann eine eigentliche neue Sprossung nicht angenommen zu werden braucht.

Regeneration der Ganglien. Die hier aufzuwerfenden Fragen zerfallen in morphologische und rein physiologische. In morphologischer Beziehung handelt es sich darum, zu bestimmen, ob nach Ausschneidung eines Ganglion neue Ganglienkugeln entstehen können. *Valentin* hat in dieser Hinsicht zuerst positive Erfahrungen gemacht. (De functionibus nervorum, pag. 160). Andere sahen zwar Anschwellungen an der Stelle des ausgeschnittenen Ganglion, aber keine deutlichen, wahren Ganglienkugeln. *(Schrader.)* Hingegen hat in neuerer Zeit wieder *Walter* (de regeneratione gangliorum. Bonn 1853) mit *Budge* Versuche gemacht, die meist negativ ausfielen, in einem Falle sah er aber 17 Wochen nach Ausschneidung des zweiten Vagusganglion im oberen Theil des neugebildeten Knotens viele normale Ganglienkugeln. Eine Herstellung der Function konnte er auch hier nicht nachweisen. Meine eigenen Versuche am Sympathicus blieben erfolglos, nach Ausschneidung des zweiten Vagusganglion bei Kaninchen, nie aber bei Meerschweinchen, sah ich auch im Knoten hie und da Ganglienkugeln, ich wage aber nicht, zu behaupten, dass es *neugebildete* waren, da ich nicht, wie *Valentin*, deren frühere Entwicklungsstufen gesehen, und da bei Kaninchen das zweite Ganglion des Vagus nicht so scharf begrenzt ist, dass wenn man die Anschwellung, die es bildet, ausgeschnitten, man mit Gewissheit behaupten darf, alle Ganglienkugeln auch in den einmündenden, später anschwellenden Nervenenden entfernt zu haben.

In physiologischer Hinsicht habe ich nie, so wenig wie *Walter*, die Function wiederkehren sehen, wenn ich ein ganzes Ganglion exstirpirt hatte. Hatte ich aber das Kopfganglion des Sympathicus nur einfach durchschnitten, so war die Pupille Anfangs verengt, und als sie nach einigen Wochen wieder ganz ihren normalen Umfang erlangt hatte, konnte ich vom Halssympathicus aus eine starke Erweiterung des Sehloches hervorrufen, wenn ich langsam einen Faden um den Nerven herum zuschnürte. Nach dem Versuch war die Pupille wieder verengt. Das Ganglion war wieder zusammengeheilt. Dieses Ergebniss beweist nicht eine Herstellung der Function des Ganglion, sondern eine Restitution der *Nervenfasern in dem Ganglion.*

Man weiss nicht, ob die manchmal angetroffene *krankhafte* Ganglienbildung in vielen Nervenstämmen erworben oder angeboren ist.

Regeneration der Nervencentra. *Flourens* hat 1827 gezeigt, dass tiefe Längs- und Quereinschnitte in das Rückenmark und in das Gehirn wieder durch Vereinigung verheilen, und dass die Anfangs durch die Rückenmarksverletzung gestörten oder gelähmten Bewegungen sich wieder herstellen können. (Recherches expériment. sur les syst. nerv. 2. edit. pag. 266.)

Brown-Sequard sah nach *vollständiger* Quertheilung des Rückenmarks bei erwachsenen Vögeln eine Wiederherstellung mit theilweiser Rückkehr der Bewegung und Empfindung. Es waren deutliche Spuren des Willenseinflusses vorhanden. (Société de Biologie I, pag. 17, II, pag. 3.)

Arnemann (Versuche über Gehirn und Rückenmark, Göttingen 1787) hat schon beobachtet, dass Substanzverluste des Gehirns sich zwar wie-

der durch eine Ausschwitzungsmasse reichlich und fast vollständig ersetzen, aber die neugebildete Substanz ist keine wahre Hirnmasse.

Ueber das Histologische bei der Vernarbung der Centraltheile fehlen uns alle wissenschaftlich gehaltenen Angaben.

Nach blossen Einschnitten in die Grosshirnlappen sah ich schwache Röthung der sich an einander legenden Wundränder, aber nie eine Verwachsung derselben in den ersten 14 Tagen.

IV. IDENTITÄT UND VERSCHIEDENHEIT DER NERVENFASERN.

Bell und *Magendie* verdanken wir die Thatsache, dass nicht alle Nerven die Reizung auf gleiche Weise beantworten, sondern dass eine gewisse Anzahl von Nervenbündeln nur Bewegung hervorrufen kann; dieselben Nerven hingegen, wenn man ihre mit den Centraltheilen noch in Verbindung stehenden Enden auch noch so heftig anregt, niemals irgend eine schmerzliche Empfindung zu Stande bringen. Andere Nerven, deren Reizung schmerzhaft ist, sind nicht nur unfähig, Bewegungen hervorzurufen, sondern selbst die kräftigste Erregung ihres von den Centren *abgetrennten peripherischen* Theiles bleibt auch ohne alle sichtbare Wirkung. Noch andere Nerven, die Sinnesnerven, antworten auf Reize weder durch Bewegung, noch durch Schmerz, sondern auf eine ganz eigenthümliche, ihnen allein zukommende Weise. Wird z. B. der Sehnerv gedrückt oder durchschnitten, so entsteht nichts als eine Lichtempfindung.

Aus diesen vollkommen fest stehenden Thatsachen haben die Physiologen früher zweierlei folgern zu müssen geglaubt.

1) Es gebe eine specifische Verschiedenheit der Nerven, je nachdem sie denselben Reiz verschieden beantworteten.

2) Alle Nerven könnten eine aufgenommene Anregung nur in *einer* Richtung fortleiten. Die Bewegungsnerven leiteten nur vom Centrum nach der Peripherie hin, die Empfindungs- und Sinnesnerven in umgekehrter Richtung.

In neuerer Zeit haben sich einige Theoretiker in Deutschland bemüht, zu zeigen, dass diese Folgerungen nicht nur durch die Thatsachen nicht streng geboten, sondern dass sie selbst im höchsten Grade unwahrscheinlich seien, dass man vielmehr alle Nervenfasern als unter sich gleich und nach beiden Richtungen fortleitend betrachten müsse. Wir wollen hier beide Fragen in Beziehung auf die angeregte Controverse etwas näher betrachten.

A. Gibt es eine specifische Verschiedenheit der Nervenfasern?

Gegenüber der von *Bell* und *Magendie* ermittelten Thatsachen hat man darauf hingewiesen, dass alle Nerven sich in mikroscopischer und chemischer Beziehung, so wie in ihren electromotorischen Eigenschaften,

vollkommen gleich verhalten, dass also die verschiedenen physiologischen Reactionen der Nerven nicht sowohl von einer verschiedenen Natur der Primitivfasern selbst, als vielmehr von dem Unterschied der Organe abhänge, mit welchen sie sich central und peripherisch verbinden.

Wäre es ganz sicher, dass alle Nerven in ihrer Form und Zusammensetzung vollkommen übereinstimmten, so müssten sie alle auch nothwendig ganz dieselben physiologischen Eigenschaften besitzen, aber bei der anerkannten Mangelhaftigkeit unserer Prüfungsmittel dürfen wir, wenn wir auch bis jetzt noch keine Unterschiede erkannt haben, keineswegs mit Bestimmtheit schliessen, dass dieselben auch überhaupt nicht vorhanden seien. Was die electrischen Eigenschaften betrifft, auf die manche Schriftsteller einen ganz entscheidenden Werth legen, so sind wir durchaus noch nicht berechtigt, dieselben als den Ausdruck der physiologischen Thätigkeit zu betrachten.

Die peripherischen Verbindungen der Nerven scheinen zwar beim ersten Anblick von grossem Gewicht, da z. B. ein Nerv, der zur Haut geht, nie Bewegung wird hervorbringen können, weil er eben keinen Muskel erregt, aber eine nähere Betrachtung zeigt, dass diese Verbindungen hier gar nicht massgebend sein können, weil ja auch die von ihren Peripherien abgetrennten, *nur* mit dem Centrum verbundenen Nerven auf Reizung ihr verschiedenes Verhalten bewahren. Galvanisirt man eine nur mit den Centraltheilen zusammenhängende motorische Faser, so wird nie das leiseste Zeichen von Empfindung entstehen, während ein leichter Druck des sensibeln Nerven unter denselben Verhältnissen heftigen Schmerz erregt. Man ist daher nur auf die Verbindung mit verschiedenen Centren hingewiesen, um die anscheinend specifischen Eigenschaften der Nerven zu erklären. Gewisse Theile des Gehirns oder des Rückenmarks, in welche sich die als gleichartig betrachteten Nerven (durch Continuität oder blosse Contiguität ist für uns hier gleichgültig) fortsetzen, müssen denselben Eindruck auf specifisch verschiedene Weise auffassen, wenn überhaupt ein Unterschied zwischen Schmerz und Sinnesempfindung, zwischen Gefühl und Bewegung hervortreten soll. Mit dieser nothwendigen Folgerung ist aber die specifische Energie der Nerven nicht ganz vermieden, das Unbegreifliche nicht auf wünschenswerthe Weise beseitigt, sondern aus den Nervensträngen nur weiter gegen die centralen Enden der Fasern zurückgeschoben. Aber auch das Gehirn und das Rückenmark, in die wir das Räthsel verlegen, bestehen aus Nervensubstanz, in der wir weder bedeutende physikalische, chemische, noch electrische Unterschiede erkannt haben. Die Centra selbst sind jedoch mikroscopisch viel schwerer zu entwirren, als die sich leicht in gleichartig nebeneinander verlaufende Röhren theilenden Nervenstränge, der Bau des Gehirns ist dunkler, verwickelter und gegenüber dem unerschütterlich festen Grundsatze, dass gleiche Form und Mischung gleiche Thätigkeit bedingt, glauben wir unsere Pflicht gethan zu haben, wenn wir den Kern der Sache aus den Nerven, wo klarere Einsicht die Existenz ungleichartiger Elemente unwahrscheinlicher macht, in die noch minder erforschten Centra verlegen, wo man im Trüben leichter nach Hypothesen fischen und deren einstige Bestätigung erwarten darf. Eine Stütze findet die Ansicht von der nur *centralen* Verschiedenheit der verschieden wirkenden Nerven in dem Umstande, dass in der That, wo in einem Stamm sensible und motorische Nerven gemischt sind, dieselben vor der Einpflanzung in das Hirn oder Rückenmark auseinander treten, um sich an *verschiedenen*, bei den Rückenmarksnerven sogar für die beiden Fasergattungen genau *charakteristischen*, Stellen mit den Centren zu

vereinigen. Dies geht sogar, wie wir zeigen werden, so weit, diese Regel ist so beständig, dass wenn ein motorischer Nerv *selbst* noch empfindet, weil seine Häute *Endausbreitungen* sensibeler Nerven besitzen, diese letzteren die motorische Wurzel vor dem Eintritt ins Mark verlassen, um sich mit anderen, Empfindung leitenden, Nerven an ihrer charakteristischen Insertionsstelle zu den Centren zu begeben.

Gegen eine Hypothese, welche nur in den Centraltheilen den Grund der verschiedenen Nervenenergie sucht, wäre also auch gar nichts einzuwenden, wir müssten sie vielmehr mit vielem Dank annehmen, wenn nicht — leider, möchte ich sagen — noch einige andere Beobachtungen gegen die Identität der verschiedenen peripherischen Nervenfasern vorzubringen wären.

Wir haben gesehen, mit welcher Leichtigkeit durchschnittene Nervenstränge wieder zusammenheilen, so dass es selbst in den meisten Fällen zu einer sehr schwierigen Aufgabe wird, nach Resectionen die Wiedererzeugung dauernd zu verhüten, wir haben gesehen, dass nach den Versuchen von *Flourens* selbst *verschiedene* gemischte Nerven je mit ihren centralen und peripherischen Enden so aneinander heilen können, dass wieder willkührliche Bewegung und Empfindung zu Stande kommt. Existirt nun in der That kein Unterschied zwischen den sensibeln und motorischen Nervenfasern, so müssen sich nicht nur *gemischte*, sondern auch rein *empfindende* und *bewegende* Nerven nach der Durchschneidung in der Weise kreuzen lassen, dass das centrale empfindende Ende mit dem peripherischen motorischen verwächst und umgekehrt, die Degeneration der peripherischen Enden müsste dann aufhören, und es müsste nach *centraler Reizung* wenigstens der eine der so gekreuzten Nervenstämme Bewegung hervorrufen, wenn auch spontan, wegen ungeeigneter Verbindung an der Peripherie oder im Mark, weder Bewegung noch Empfindung wieder erscheinen sollte.

Flourens (Recherches experim. pag. 269) hat schon den Versuch gemacht, den peripherischen Stamm des Vagus bei Vögeln mit dem fünften Cervicalnerven zu verheilen, leider aber sind seine Bemühungen ohne Resultat geblieben.

Schwann hat darauf versucht nach Wiederverheilung durchschnittener Ischiadici bei einem Frosche durch Reizung der sensibeln Wurzeln am Rückenmark Bewegung zu erzielen, falls etwa im Stamm sich sensible Fasern mit dem peripherischen Stumpfe von Muskelnerven verbunden hätten, aber die Zuckungen blieben aus, eine solche Verbindung scheint also nicht erfolgt zu sein. Hingegen ergab die Reizung der Bewegungswurzeln starke Bewegungen am Unterschenkel, also hatten sich motorische Nervenstümpfe wieder mit einander vereinigt.

Bidder hat (Müll. Arch. 1842 pag. 107) in 8, an 6 Hunden angestellten, Experimenten versucht, den bewegenden Hypoglossus mit dem empfindenden N. lingualis zusammenzuheilen, indem er die zu verbindenden Enden der beiden Nerven mit einem dünnen durch das Neurilem gezogenen Faden zusammenhielt und aus den beiden andern kleine Stücke bis zu 8''' ausschnitt, durch deren Wegfall er die Wiedervereinigung der entsprechenden Enden verhindert zu haben glaubte. Bewegung und Empfindung der Zungenhälfte stellte sich zwar in diesen Versuchen meistens wieder her, galvanische Reizung der Wurzeln des Hypoglossus erregte in mehreren Fällen Bewegung der Zunge, aber der Leichenbefund gibt eine völlig unzweideutige Erklärung der Sache. Derselbe ist aber auch für unseren Zweck zu interessant, als dass ich mir versagen sollte, ***Bidders*** eigene Worte hierherzusetzen.

„In keinem der erwähnten acht Fälle war die Verheilung der getrennten Nerven ganz in der erwünschten Weise erfolgt, vielmehr waren sie mehr oder weniger vollständig zu ihrer ursprünglichen Verbindung zurückgekehrt. Unter den sechs Fällen, in welchen ich das centrale Ende des Hypoglossus mit der

peripherischen Seite des lingualis verbinden wollte, war derselbe — allen Vorkehrungen zum Trotz — dennoch in drei Experimenten mit seiner eigenen peripherischen Fortsetzung genau verbunden, während die Enden des lingualis theils ebenfalls für sich zusammengetreten, theils auch (in einem Falle) völlig getrennt geblieben waren. In den übrigen drei Fällen hatte sich die Centralseite des Hypoglossus in der That mit der peripherischen des lingualis verbunden, aber hier traten doch auch die andern beiden Nervenenden mehr oder weniger vollständig zu der ganz unförmlichen Narbe hinzu. — Aehnlich war es auch mit den beiden Versuchen gegangen, in denen das centrale Ende des lingualis mit der Peripherie des Hypoglossus verbunden werden sollte, indem auch einmal die centrale Seite des letzteren mit in die Narbe hereingezogen war, das andere Mal beide Nerven vollkommen in ihre ursprünglichen Verbindungen zurückgekehrt waren."

Die von *Bidder* gewählte Stelle ist für solche Versuche sehr passend, und seine Bemühungen scheiterten besonders daran, dass er die beiden von der Narbe auszuschliessenden Nervenenden nicht weit genug exstirpirt hatte, um ihren störenden Einfluss zu beseitigen. Hätte er ein doppelt so langes Stück ausgeschnitten als er wirklich weggenommen, nach dem was wir in der Lehre von der Regeneration der Nerven gesehen, würde er doch vielleicht seinen Zweck nicht erreicht haben.

Ferner ist es in diesen Versuchen nicht gelungen, eine Vereinigung ohne Anschwellung und Narbengewebe zu erzielen, und dadurch eine genaue mikroscopische Verfolgung der Nervenfasern möglich zu machen.

Mit Rücksicht auf diese Punkte habe ich die Versuche von *Bidder* beharrlich wiederholt. — An 12 Hunden habe ich das peripherische Ende des Hypoglossus und das centrale des lingualis, so weit als nur ohne allzustörende Nebenverletzungen möglich war, exstirpirt, nachdem die Nerven mit einem neuen möglichst scharfen Messer vorsichtig durchschnitten waren. Die äussere Hülle der beiden anderen Enden heftete ich mit einem feinen nicht zu stark angezogenen Seidenfaden aneinander.

Ich hatte gefunden, dass im lingualis ausser den Gefühlsnerven, und im Hypoglossus ausser den Muskelnerven, auch noch *Gefässnerven* verlaufen. Diese, als gleichartige Nerven, mussten wenigstens bei einer Vereinigung der beiden heterogenen Stämme, ihre *Wirkung* wieder erlangt haben, die äussere Scheide beider Nerven musste verwachsen sein, und dadurch ein Vereinigungsbestreben innerhalb der ihm etwa vorgesteckten Gränzen sich kund geben, wenn die fortdauernde Lähmung der eigentlich sensibeln und motorischen Fasern auch nur das Geringste beweisen sollte. Meine Ausdauer erlangte mehr als ich gefordert. Fünf meiner Hunde zeigten schon nach einigen Tagen (vasomotorische Nerven verheilen sehr schnell und noch rascher als sensible), dass die Röthe der Zunge — das Zeichen der paralytischen Ausdehnung der Gefässe — abnahm, um bald zu verschwinden, aber Bewegung und Gefühl kehrten in keinem Falle zurück. Ein 6. Hund zeigte die Abnahme der Röthe erst nach 9 Tagen. Die spätere Untersuchung zeigte bei diesen sechs Hunden die Nerven verbunden und zwar in der von mir gewünschten Weise. Bei sechs andern war aber keine deutliche Vereinigung zu Stande gekommen. Bei den letzteren enthielten der Stumpf des lingualis, die Muskeln, und die Papillen der Schleimhaut nur desorganisirte Nerven, während bei den sechs ersten der mit dem Hypoglossus verbundene lingualis in allen Hauptstämmen eine ziemliche Anzahl meist schmaler ganz *normaler* Fasern darbot. Aber auch hier war die bei weitem grösste Anzahl der Röhren degenerirt. Die wieder normal gewordenen Fasern waren keine Gefühlsnerven der Schleimhaut, denn alle Zungenpapillen zeigten in den ersten 6 Hunden überall eben so degenerirte, ihres Markinhalts beraubte Fasern, wie in den andern, wo gar keine Vereinigung zu Stande gekommen war, es waren aber auch keine *motorischen* Fasern, denn die breiten Nerven der Zungenmuskeln waren in mehreren hundert Muskelschichten ebenfalls entweder entleert oder gar nicht mehr zu erkennen, ganz abgesehen davon, dass bei drei sterbenden Thieren, bei denen Vereinigung erfolgt war, galvanische Reizung des centralen Stückes des Hypoglossus zu keiner Bewegung Anlass gab. Hingegen zeigten in diesen 6 Thieren die Ganglien der Zunge, welche, wie ich zeigen

werde, die Gefässnerven absenden, in ihren abgehenden und in ihren Wurzelästen meist normale Nervenfasern, während bei den anderen sechs Hunden auch die Gangliennerven *alle* degenerirt und marklos waren. Hält man das mit der Thatsache zusammen, dass in den ersten sechs Thieren die Gefässlähmung bald gehoben war, während sich noch nach 11 Wochen keine Spur von Gefühl und Bewegung in der Zunge zeigte, so kommt man zu dem Schlusse, dass sich hier *nur* und ausschliesslich *die* Bewegungsnerven wieder wirksam verbunden hatten, die für beide Stämme gleichartig sind, dass aber trotz des Vereinigungsbestrebens in den Nerven sich ihre ungleichartigen Fasern doch nicht wirksam verbinden konnten.

Bei dreien dieser Hunde, in der 8. bis 11. Woche untersucht, hatte ich es aber erreicht, die beiden Stümpfe nicht durch Knoten und Narbengewebe, sondern in einen *gleichmässig fortlaufenden Stamm* zu vereinigen, an dem die Trennungsstelle äusserlich gar nicht mehr zu erkennen war. Von zwei dieser Hunde wurde der vereinigte Nerv unter dem Mikroscope zerfasert. Der erste gab wenig sichere Bilder, weil ich das Präparat erst in Chromsäure gehärtet hatte, doch konnte ich schon erkennen, was bei dem zweiten sich ganz unläugbar darstellte, dass auch einzelne Primitivfaserscheiden sich aus dem Hypoglossus in grösserer Anzahl in das früher dem lingualis angehörige Ende fortsetzten. Sie hatten bis an die Stelle der Verwundung einen ganz normalen Inhalt, hier aber wurden sie plötzlich wie zusammengeschnürt und in den lingualis hinein fehlte der markige Inhalt der bloss durch sehr wenige noch übrig gebliebene Fetttröpfchen angedeutet wurde. In manchen Fasern fehlten, so weit sie im lingualis liegen, diese Fetttröpfchen ganz, und ich konnte sie nur an den wechselständigen Kernen als Nervenscheiden erkennen. (Vergl. eine ausführlichere Darstellung der 11 ersten Versuche im Tübinger Archiv 1853 pag. 377.) Ich hätte vielleicht zweckmässiger die Vereinigung im umgekehrten Sinne versucht, wo ich dann direct auf die Wiederherstellung motorischer Leitung durch Reize hätte prüfen können, aber ich that es nicht, weil dann die Vereinigung der Enden schwieriger gewesen wäre.

Mag man bei Versuchen über Nervenregeneration, wo so viele unserem Willen entzogene Umstände bedingend mit eingreifen, negativen Thatsachen alle Beweiskraft absprechen, *positiv* hat es sich aus den aufgezählten Ergebnissen herausgestellt, dass durchschnittene sensible und motorische Nerven ihre frühere Verbindung wieder einzugehen streben, trotz entgegengesetzter Hindernisse, welche, während sie erstere in hohem Grade erschweren, die Vereinigung der verschiedenartigen Nerven ausserordentlich zu erleichtern, ja zu gebieten schienen. *(Bidder.)* Dass ferner auch nach Durchschneidung gemischter Nerven nur ursprünglich vereinigte Primitivfasern sich wieder auf's Neue wirksam verbinden. *(Schwann, Steinrück.)* Dieses Widerstreben der Nerven, welches sie einer Verheilung mit ursprünglich auf andere Weise wirksamen Fasern, entgegensetzen, verglichen mit der Leichtigkeit, mit der sich gleichartig wirkende Fasern selbst aus verschiedenen Stämmen mit einander verbinden lassen *(Flourens, Schiff,)*, dieses gegenseitige Aufsuchen von einander künstlich entfernter ursprünglich zusammengehöriger Fasern, deutet es nicht auf eine bis jetzt noch nicht fassbare innere Differenz in den sensibeln und motorischen Nervenfasern hin? Liegt nicht in jenem Wiederaufsuchen noch ein anderes Räthsel verborgen?

Halten wir dies nun mit dem anderen von mir ermittelten Umstande zusammen, dass, wenn es auch in glücklichen Fällen gelungen ist, verschiedenartige Nervenstämme, ja einzelne Primitivfasern, von differenter Natur so an einander zu heilen, dass alle ihre indifferenten Bestandtheile, bis selbst auf die Scheide der einzelnen Faser, in einander übergehen, so dass am Streben zur Regeneration nicht im Mindesten gezweifelt werden kann, dieses sonst so mächtige und auch hier so ausgesprochene Streben es nicht dahinbringt, die in der centralen Faser noch waltenden physio-

logischen Thätigkeiten auf das ihr künstlich aufgedrungene Ende zu verpflanzen, dass vielmehr die frühere, jetzt so glücklich vernarbte Wunde dem Ernährungseinflusse der Centren noch einen plötzlichen Halt gebietet, erinnern wir uns ferner, dass auch sensible und motorische Nerven in Bezug auf ihre eigene Regenerationsfähigkeit einen so constanten und charakteristischen Unterschied zeigten, so können wir die Ueberzeugung nicht abweisen, dass die Ernährungsvorgänge in beiden Arten von Nerven an wesentlich verschiedene Bedingungen geknüpft seien, und dass also auch diese Nerven, als Producte einer differenten Ernährungsweise, *wesentlich verschiedener Natur sein müssen.*

Steht dies aber fest, so wird das absolut gleiche electromotorische Verhalten beider Nervenarten uns nur noch mehr in der Ansicht befestigen, dass die neuroelectrischen Vorgänge mit den wesentlich physiologischen Eigenschaften der Nerven nicht in so engem Zusammenhang stehen, wie es der erste Enthusiasmus einiger Schriftsteller vermuthet und emphatisch verkündet hat.

Ich weise noch darauf hin, dass von dem jetzt erlangten Standpunkte aus auch die manchmal hervortretende Differenz in der Wirkung der Reize auf sensible und motorische Nerven, noch eine andere Deutung erlaubt, als die, welche nur auf die quantitativen Verhältnisse Rücksicht nimmt. Wenn z. B. mineralische Säuren von einer gewissen Concentration den fühlenden Nerven immer stark erregen, während sie den motorischen, ohne ihn zu erregen, dennoch ziemlich rasch ertödten, so liegt in dem letzteren Umstande Grund genug, die Ansicht zu verwerfen, dass der motorische Nerv nur wegen quantitativer Unzulänglichkeit der reizenden Einwirkung unerregt bleibe.

B. Leiten die Nerven nur einseitig in bestimmter Richtung?

Alle Thatsachen, welche man früher für die Ansicht beibrachte, dass die empfindenden Nerven nur centripetal, die bewegenden nur centrifugal leiten können, verlieren ihre Beweiskraft, wenn wir erwägen, dass eine etwa stattfindende peripherische Leitung in den Gefühlsnerven gar nicht zum Bewusstsein kommen kann, weil an der Peripherie keine empfindenden Organe liegen, ebensowenig wird eine centripetale Leitung in den Bewegungsnerven in die Erscheinung treten, weil am Centrum kein contractiler Muskel mit ihnen in Verbindung steht.

Sprechen die bekannten Thatsachen nicht *für* eine nur einseitige Leitung, so spricht die Theorie und die Analogie in hohem Grade *dagegen.* Wir können uns kaum denken, welche complicirte Einrichtung vorhanden sein müsste, um einen so gut leitenden Conductor, wie den Nerven, nur nach *einer* Richtung hinleiten zu lassen, und werden daher die Hypothese von der einseitigen Fortpflanzung der Erregung im Nerven vorläufig mit vollem Rechte *verwerfen.*

In den Nervencentren, im Rückenmark, könnte man allerdings Beispiele einseitiger Leitung aus dem Umstand entnehmen wollen, dass gewöhnlich gewisse Empfindungen zu bestimmten Bewegungen umschlagen, während umgekehrt solche Bewegungen nur selten Empfindung veranlassen, aber der Bau ist hier so complicirt, dass es keinen sehr grossen Scharfsinn erfordert, Hypothesen zu erfinden, welche diese Thatsachen bloss auf mechanischem Wege, ohne die Annahme nur einseitiger Leitung erklären.

Seit einigen Jahren schon war ich wiederholt, aber ohne Erfolg bestrebt, die uns hier beschäftigende Frage vor das allein gültige Forum des *Experimentes* zu ziehen. Mein Verfahren ist folgendes. Zwei neben einander verlaufende Empfindungsnerven (in dem Oberschenkel oder Oberarm) die von ihrem Centrum

abgetrennt, nicht mehr erregbar sind, also keine *rücklaufenden* Fasern besitzen, werden durchschnitten. (Am besten macht man divergirend schräg geführte scharfe Schnitte). Der peripherische Theil beider wird exstirpirt, und man versucht die centralen Theile genau an einander zu heilen, indem man sie mittelst Fäden zusammenhält. Ist dies nach einigen Wochen gelungen, so durchschneidet man einen der beiden Nerven hoch über der früheren Verletzungsstelle. Lässt man jetzt das Thier aus dem Aetherrausche beinahe erwachen, so wird der abgeschnittene Stumpf, vorausgesetzt, dass Verwachsung der Primitivfasern in der Narbe nachweisbar eingetreten, noch deutlich empfinden, wenn seine Gefühlsnerven im Stande sind, *peripherisch* bis zur Narbe und durch diese *hindurch* central zu leiten.

Verwachsung habe ich in diesen Versuchen erzielt, aber bis jetzt stets mit einer Anschwellung, welche eine genaue mikroscopische Verfolgung der Primitivfasern unmöglich machte. Der abgetrennte Nervenstamm war ferner immer *unempfindlich* ausser ganz nahe vor der Narbe, wo die *vorsichtigste* mechanische Reizung, oder der Strom einer einfachen Kette aus einem Elemente heftigen Schmerz erregte. Schnitt ich nun in zwei Fällen die Narbenanschwellung parallel mit dem Verlauf der Nerven bis zu ihrer halben Höhe ein, so zeigte sich auch das dem vorhin durchschnittenen Nerven entsprechende Narbensegment auf mechanische Reize sehr empfindlich. Trotzdem dass hier die Empfindung nur auf einem *bogenförmigen* Wege zum Gehirn gelangt sein kann, bleibt dieser Versuch noch immer sehr zweideutig, denn wer bürgt dafür, dass hier nicht ausgewachsene Fasern des anderen Nerven sich durch die kurze Narbenstrecke hindurch einen bogenförmigen Weg gebahnt haben? Jedenfalls sind die Versuche auf diesem Wege noch fortzusetzen.

V. ISOLIRTE LEITUNG IN DEN NERVEN-PRIMITIVRÖHREN.

Noch habe ich des wichtigen, zuerst von *Weber* scharf ausgesprochenen Gesetzes zu erwähnen, dass in allen Primitivröhren eines Nervenstammes von seiner peripherischen Ausbreitung bis zu seiner Insertion in den Centren, die Leitung vollkommen isolirt bleibt. Mag ein Nervenstamm in seinem Verlaufe noch so viele Wechselverbindungen durch Geflechte mit anderen Nerven eingehen, nie werden die einzelnen Primitivfasern, so lange sie nur parallel oder sich kreuzend neben einander liegen, gegenseitig ihre inneren Vorgänge sich mittheilen. Da jeder Nerv seinen bestimmten Verbreitungsbezirk und seine bestimmte Function besitzt, so wird die Unterbrechung der Thätigkeit einer Faser (mit Ausnahme der bei der Lehre von den Gefässnerven zu besprechenden durch die Ganglien vermittelten Verhältnisse) nie dadurch ausgeglichen werden können, dass das Organ, zu welchem diese Faser verläuft, auch noch so viele Nerven aus anderen Stämmen erhält. Es fällt hiermit freilich eine in der praktischen Medicin noch stets beliebte Vorstellung, nach welcher ein grosser Nervenreichthum eines Theiles den Ausfall einzelner Nervenfäden leicht ersetzen sollte.

Der starke Electrotonus den übermächtige galvanische Ströme erregen, pflanzt allerdings seine Wirkung auf nebenangelegene Nervenfasern fort. Hier haben wir aber, was wohl zu bemerken ist, nicht eine Mittheilung der *Thätigkeit* sondern, wie oben erläutert, eine wahre durch das Eintreten des Electrotonus vermittelte *Reizung* der nebenangelegenen Fasern selbst.

Die Leitung in den Nervenröhren geschieht, wie wir oben gesehen, durch den Achsencylinder, man darf also nicht, wie es neuerdings aus Mangel an histologischer Kenntniss geschehen ist, eine Leitung durch die *Nervenhüllen* vermuthen, wenn sich in seltenen Fällen noch Nerven erregbar zeigen, deren Mark bereits angefangen hat zu gerinnen. Vergl. *Brown-Sequard*, experimental Researches. New-York 1853, pag. 40. Das Factum ist von *Koelliker* bestätigt, der es natürlich anders deutet.

VI. GESCHWINDIGKEIT DER NERVENLEITUNG.

(Nach Helmholtz.)

Wenn man einen bewegenden Nerven reizt, so erfolgt die Zusammenziehung des Muskels so schnell, dass man glauben sollte, die Fortpflanzung der Nerventhätigkeit sei an gar keine messbare Zeit gebunden und geschehe mit derselben Schnelligkeit, wie etwa die des Lichtes oder die der Electricität durch einen metallischen Leiter. Diese Vorstellung ist es auch wohl, welche die Redensart von einem *Nervenäther* erzeugt hat.

Messungen, die in neuerer Zeit ausgeführt wurden, haben aber gezeigt, dass die Fortpflanzung der Nerventhätigkeit eine verhältnissmässig so langsame ist, dass hierdurch schon alle Analogie mit den sogenannten Imponderabilien aufgehoben wird. Wem dies auffallend erscheint, der möge bedenken, dass unsere Sinne auch relativ sehr grosse Zeitdifferenzen gar nicht unmittelbar aufzufassen vermögen, wenn es sich um absolut kleine Zeiträume, um Bruchtheile einer Secunde handelt.

Helmholtz gebührt das Verdienst, die Methode dieser so sehr interessanten Versuche aufgefunden und dieselben zuerst am *Ischiadicus* des todten Frosches ausgeführt zu haben.

Ponillet hat gezeigt, dass wenn ein galvanischer Strom eine kurze Zeit um eine aufgehängte Magnetnadel kreist, die Grösse der Ablenkung der letzteren eine Function der Zeitdauer des Stromes ist, und er hat vorgeschlagen, sehr kurze Zeiträume dadurch zu messen, dass man beim Beginn derselben den Multiplicatorkreis durch eine, je nach Umständen verschiedene Vorrichtung sich schliessen und am Ende sich wieder öffnen lasse und die Dauer des Schlusses aus dem Ablenkungswinkel des Magnetes berechne. Den hier in Betracht kommenden galvanischen Strom nennen wir den *zeitmessenden*.

Helmholtz bedurfte nun noch eines andern, durch eine besondere Batterie erzeugten Stromes um den Nerven zu reizen. Diesen Strom bezeichnen wir als den *erregenden*.

Beide Strombahnen besitzen eine gemeinschaftliche Stelle, an der ein Stäbchen in eine Quecksilberschliessung eintaucht; sobald das Quecksilber vom Stäbchen berührt wird, sind *beide* Ströme ganz *gleichzeitig* geschlossen.

Der erregende Strom, der an einer Stelle den Nerven durchkreist, ist von verschwindend kurzer Dauer, so dass er gerade hinreicht, den Nerven zu reizen.

Der zeitmessende Strom nimmt an einem Punkte eine Platte auf, die durch einen geringen Zug sehr leicht abzuheben ist, so dass sich dann sein Kreis öffnet. Diese Platte ist so an die Sehne des mit dem

Nerven in Verbindung stehenden Muskels geheftet, dass eine bis zu einem gewissen Grade gediehene Verkürzung des Muskels die Platte abzieht, und den Strom unterbricht.

Ist nun alles gehörig vorbereitet, so wird an der beiden Strömen gemeinschaftlichen Stelle das Stäbchen ins Quecksilber gestossen. In diesem Augenblicke wird der Nerv momentan gereizt und der zeitmessende Strom beginnt um den Magneten zu kreisen. Hat sich jetzt aber in Folge der Reizung der Muskel zu verkürzen angefangen, so öffnet sein Zug den zeitmessenden Strom wieder und die Ablenkung der Nadel bestimmt uns die Zeit, welche seit dem Anfang der Reizung verstrichen ist, bis der Muskel die zur Abziehung der Platte nöthige Spannung erlangte.

Diese Zeit umfasst die Dauer dreier Vorgänge, nämlich der Aufnahme der Nervenerregung, ihrer Fortpflanzung bis zum Muskel, und der bis zum erforderlichen Grade wachsenden Spannung des Muskels.

Die Widerstände, welche verschiedene Punkte eines und desselben noch kräftigen motorischen Nerven der Aufnahme des Reizes entgegen stellen, kommen nur dann in Betracht, wenn der Reiz ein sehr schwacher ist, ihre Verschiedenheit kann sich aber nicht geltend machen, wenn Reize angewendet werden (wie dies hier immer geschehen ist), die bei weitem genügen, jeden Punkt des Nerven bis zum Maximum seiner motorischen Wirksamkeit anzuregen.

Ferner hat *Helmholtz* den Verdacht beseitigt, als könne bei seiner Versuchsweise der Vorgang im Muskel selbst, bis zur Erlangung der nöthigen Spannung, durch eine verschiedene, aber stets das Maximum erzielende Reizung, oder durch die Ermüdung nach der ersten Contraction, eine wesentliche Veränderung in Betreff der Zeitverhältnisse erfahren.

Wenn man also nach dem vorhin beschriebenen Versuche denselben so wiederholt, dass die Reizung den Nerven jetzt an einer *entfernteren* Stelle trifft, und der messende Strom jetzt eine grössere Zeitdauer zeigt, so kann diese Differenz nur daher rühren, dass jetzt die *Nervenleitung* mehr Zeit in Anspruch nimmt.

Diese Zeitdifferenz entspricht also der Leitungsdauer in der Nervenstrecke, die zwischen dem zuerst und dem später gereizten Punkte liegt.

Eine grössere Reihe nach dieser Methode angestellter Versuche hat zu dem Resultate geführt, dass die Geschwindigkeit der Nervenleitung am Ischiadicus eines eben getödteten Frosches etwa 27 Metres für die Secunde beträgt. Dies gilt für eine *mittlere* Temperatur. Eine *Abkühlung* des Nerven auf 0° kann die Geschwindigkeit sehr bedeutend verringern. Vergl. *Helmholtz* in Müll. Arch. 1850 pag. 276.

Später (Müll. Arch. 1852 pag. 199) hat sich *Helmholtz* nur der graphischen Methode bedient, um dieselben Ergebnisse zu erlangen. Dazu bedurfte er eines eigenen Apparates, der dem Cylinder, auf welchem die Zeichnung ausgeführt wurde, bei einem Umfang von 85 Millimetern sechs möglichst gleichförmige Umgänge in der Secunde ertheilte.

Es ist die Frage, ob nicht die Nervenleitung beim lebenden Frosche rascher vor sich geht, es ist aber in dieser Hinsicht durchaus keine berechtigte Vermuthung aufzustellen, da das Beharrungsvermögen des Nerven, welches sich der Leitung entgegensetzt, mit grösserer Lebhaftigkeit der Ernährung auch zunehmen kann.

Man will auch die Geschwindigkeit der Nervenleitung am lebenden Menschen gemessen und zu 61 Metres in der Secunde gefunden haben.

Die Angabe, dass in den Verzweigungen des sympathischen Nerven die Leitung um sehr viel langsamer, als in den übrigen Theilen des Nervensystems erfolge, ist noch nicht bewiesen und wir werden die Thatsachen auf die sie sich stützt, später beleuchten.

Zu den in diesem Kapitel noch zu besprechenden allgemeinen Eigenthümlichkeiten der Nerven gehörte auch die Erschöpfung durch anhaltende oder unmässig starke Thätigkeit. Da jedoch die Versuche, auf die wir uns bei Ermittelung dieser Verhältnisse stützen, ausschliesslich an motorischen Nerven gemacht sind, und wir hier für den Vergleich mit den Gefühlsnerven selbst der mangelhaften Thatsachen entbehren, die uns bei der Erforschung der Reize die sogen. subjectiven Versuche liefern konnten, da wir aber jetzt die Einsicht erlangt haben, dass zwischen motorischen und sensibeln noch ein anderer als bloss quantitativer Unterschied besteht, so werden wir die erwähnten Punkte am besten bei der Lehre von den Bewegungsnerven im folgenden Abschnitt vortragen, wo es sich denn auch klarer herausstellen wird, dass die *Erregbarkeit* des Nerven, d. h. seine Fähigkeit eine äussere Einwirkung in Nerventhätigkeit zu übersetzen und seine *Leitungsfähigkeit* durch die er jene Thätigkeit in der Richtung seiner Längenaxe überträgt und anderen Geweben mittheilt, obschon bisher stets mit einander verwechselt, zwei verschiedene Eigenschaften sind.

ZWEITER ABSCHNITT.

Leitung der Gefühls- und Bewegungsantriebe im peripherischen Nervensystem.

Nicht sowohl die Verschiedenheit in der Aeusserung des erregten Zustandes, als der sich so auffallend kundgebende Unterschied in den vegetativen Verhältnissen, haben uns, wie man sich aus dem vorigen Capitel erinnert, veranlasst, mehrere Arten von peripherischen Nerven anzunehmen. Wir mussten nach Resultaten, welche das Studium der Nervenregeneration geliefert hat, zwischen den am schnellsten sich verheilenden Gefässnerven, den sensibeln und motorischen Nerven unterscheiden, abgesehen von den bis jetzt noch unbekannten Differenzen, welche etwa später zwischen den Röhren der eigentlichen Sinnesnerven und den sensibeln Körpernerven aufgefunden werden dürften.

In dem nun folgenden Abschnitte aber handelt es sich nicht um die inneren Verschiedenheiten der Nervenfasern an und für sich, sondern um die wesentlichen Unterschiede ihrer Thätigkeitsäusserung, und es darf daher nicht als ein Mangel an Consequenz gedeutet werden, wenn wir nur von bewegenden und empfindenden Fasern sprechen, da die vasomotorischen Nerven sich zu der Muskelhaut der Gefässe, die sie allein beherrschen, ganz wie bewegende verhalten und Primitivfäden anderer Art noch nicht im *peripherischen* Nervensysteme, welches uns hier ausschliesslich beschäftigt, nachgewiesen sind.

I. VERSCHIEDENER URSPRUNG DER SENSIBELN UND MOTORISCHEN NERVEN.

A. Am Rückenmark.

Hier wo alle Nerven mit doppelten Wurzeln in den Centraltheil eingepflanzt sind, hat sich ergeben, dass alle *empfindenden* Nerven in den *hinteren*, alle *bewegenden* und *Gefässnerven* in den *vorderen* Wurzeln verlaufen.

In geschichtlicher Beziehung ist zu bemerken, dass schon manche ältere Schriftsteller und Anatomen einen geschiedenen Ursprung der bewegenden und empfindenden Nervenelemente vermutheten, wobei sie sich besonders auf das getrennte Vorkommen von motorischen und sensibeln Lähmungen stützen. *Haller* glaubte dieser Ansicht entgegentreten zu müssen, die aber 1809 von *Alex. Walker* in England wieder aufgenommen wurde. Walker spricht, ohne sich auf Versuche zu stützen, die Vermuthung aus, dass die *vorderen* Wurzeln am Rückenmark der Empfindung, die *hinteren* der Bewegung dienten.

Bell hat 1811 in einer kleinen Schrift, die nur unter seinen Freunden in wenigen Exemplaren vertheilt wurde, und die nie in den Buchhandel kam, (*An idea of a new anatomy of the brain.*) die umgekehrte Vermuthung angedeutet und bestimmt ausgesprochen, dass er bei Versuchen an eben getödteten oder sterbenden Thieren nur durch Reizung der *vorderen* Wurzeln Muskelbewegungen erzielt habe. Ob die hinteren Wurzeln empfinden, ob die vorderen wirklich unempfindlich seien, oder keine Gefühle vermittelten, darüber hat sich Bell nicht erklärt. Wohl aber hat er im Allgemeinen mehrfach behauptet, dass den verschiedenen Nervenwurzeln verschiedene Verrichtungen zukommen und dies auch für die Gesichtsnerven nachzuweisen gesucht.

Bell's Ansichten blieben selbst in England so wenig beachtet, dass *Herbert Mayo*, Bell's eigener Schüler, 1824 dieselben zum grossen Theil als neu und ihm selbst angehörig veröffentlichen konnte, im Auslande aber waren sie völlig unbekannt, wie der Umstand beweist, dass 1818 *Burdach und Baer*, denen doch eine Vernachlässigung der Literatur gewiss nicht vorzuwerfen ist, ohne irgend Bells zu erwähnen, Versuche über die Function der Nervenwurzeln am Rückenmark der Frösche machen wollten, die ihnen aber völlig misslangen. Sie glauben sich indessen für die Walker'sche Ansicht erklären zu müssen.

Erst 1822 wurde die Frage durch *Magendie* vor das Forum der experimenteller Physiologie gezogen. Im Augustheft des Journal de Physiologie dieses Jahres finden sich entscheidende Versuche beschrieben. Jungen Hündchen wurden die hinteren Wurzeln für die Beckenglieder durchschnitten, die Bewegungsfähigkeit erhielt sich, die Empfindung war *gänzlich* erloschen. Wurden die vorderen Wurzeln durchschnitten, so war die Empfindung deutlich erhalten, aber die Bewegung war gänzlich verloren. *Magendie* schloss hieraus, dass die hinteren Wurzeln *vorzugsweise* der Empfindung, die vorderen *vorzugsweise* der Bewegung dienen.

Magendie fand in demselben Jahre, dass der von *Nux vomica* verursachte Starrkrampf nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln nicht gestört werde, aber nach Durchschneidung der vorderen in dem entsprechenden Gliede, und nur in demselben, völlig aufhöre. Versuche mit directer Reizung der Wurzeln ergaben aber keine ganz scharfen Resultate, die, wie wir sehen werden, nach dem damaligen Zustande des Wissens auch gerade bei den am *besten* ausgeführten Versuchen nicht erwartet werden durften.

Fodera hat 1824 sehr gut gelungene Versuche an Fröschen gemacht. Diese Thiere ertragen die Blosslegung des Rückenmarkes ohne alle Störung der Bewegung und der Empfindung, und allein die eine der beiden Functionen wird ohne Beeinträchtigung der anderen nach Durchschneidung der entsprechenden Wurzelreihe aufgehoben. Auch die mechanische Reizung ergab *Fodera* vollkommen genügende Resultate, nicht aber die galvanische, welche fast allen Experimentatoren fehlschlug, weil, wie wir jetzt wissen, der *Electrotonus* bei stärkerer galvanischer Bewegung einer Nervenpartie auch die andere, in ihrem weiteren Verlaufe ihr eng anliegende, mit erregt. Bei Säugethieren war Fodera weniger glücklich.

Johannes Müller ist es ebenfalls an Fröschen 1831 gelungen zu zeigen, dass schwächere galvanische Reize *nur* von den vorderen Wurzeln aus Bewegung hervorgerufen, es gelang ihm aber hier nicht, auf galvanischem Wege die Sensibilität der hinteren Wurzeln zu erweisen. Abschneiden der hinteren Wurzeln vom Rückenmark sei aber in seinen Versuchen oft mit deutlichen Schmerzesäusserungen am Vordertheil des Rumpfes verbunden gewesen. Zerren und Drücken der hinteren Wurzel war ohne ausgesprochenen Erfolg, wenn sie noch allein mit dem Rückenmark zusammenhing.

Mit grösserer Geschicklichkeit hat *Panizza* 1834 an Ziegen *Magendie's* Versuche wiederholt, und es ist ihm gelungen, diese für die Eröffnung des Spinalcanales so geeigneten Säugethiere zuerst zu *spontanen* Bewegungen nach Durchschneidung einer Wurzelreihe zu bringen. Der Fuss, dessen *hintere* Wurzeln durchschnitten waren, bewegte sich mit, aber Panizza konnte ihn mit einem Messer bis auf den Knochen durchbohren, ohne dass das Thier es nur merkte. Der *motorisch* gelähmte Fuss, der beim Gehen nachgeschleift wurde, hatte seine Empfindlichkeit vollkommen *behalten*.

Dieselben Versuche führten *Magendie* im Jahr 1838 zu der ausgesprochenen Ueberzeugung, dass nur die vorderen Wurzeln Bewegung, *nur* die hinteren Empfindung leiten. Diese Versuche wurden nach einer viel besseren Methode ausgeführt, als seine früheren und konnten daher auch die Resultate anschaulicher machen.

Longet hingegen, der sich später mit der Sache beschäftigte, glaubte sich mit galvanischen und mechanischen Reizversuchen an den durchschnittenen Wurzeln begnügen zu müssen, da die Eröffnung der Wirbelsäule nach seiner Methode die Lebensäusserungen des Thieres allzusehr schwächten und fast unterdrückten.

Meine eigenen Experimente aus den Jahren 1849 und 1850 zeigten, dass Longet hierin zu weit geht, und dass es bei ätherisirten jungen Hunden und Katzen nicht schwer ist, ohne Einschneidung der Rückenmarkshäute die Wurzeln so weit zu entblössen, dass man sie gesondert durchschneiden kann, ohne die spontanen Bewegungen des erwachten Thieres und seine Gefühlsäusserungen zu vernichten, so dass es möglich ist, auch hier die Resultate Panizza's vollkommen zu bestätigen, und den, wie man sieht, mit Unrecht sogenannten *Bellschen Lehrsatz* ausser Zweifel zu setzen. Auch an lebenden *Eulen* ist es mir nachzuweisen gelungen, dass nur die *vorderen* Wurzeln Bewegung leiten, hingegen war in Betreff der Empfindung bei mehreren Vögeln nichts bestimmtes zu erlangen.

Die Zuckungen, welche durch stärkere oder mässige galvanische Reizung der durchschnittenen hinteren Wurzeln häufig beobachtet wurden, hat man immer auf die Rechnung von Stromesschleifen geschoben, bis *Du Bois* die Vermuthung aussprach, dass dieselben nur dem Electrotonus ihren Ursprung verdanken könnten. Diese Vermuthung ist richtig, denn wenn, auch nach ziemlich starker Reizung, die am Rückenmark abgeschnittenen und umgeschlagenen hinteren Wurzeln eben getödteter Säugethiere Zuckungen ergaben, so sah ich diese sogleich aufhören, wenn ich die Wurzeln zwischen den Electroden und dem Spinalganglion unterband oder quetschte. Es ist mir ferner aufgefallen, dass, wenn beim lebenden Thier eine mässige galvanische Reizung der vom Rückenmark abgetrennten hinteren Wurzel ohne alle Bewegung verlief, dasselbe Thier gleich nach dem Tode auf eine ebenso starke oder noch schwächere Galvanisirung dieser Wurzeln secundäre Bewegungen zeigte. Die secundäre Zuckung entsteht also im Leben *schwerer*, als nach dem Aufhören der Circulation, was mit unseren über die Wirksamkeit des electrischen Reizes im Allgemeinen gemachten Bemerkungen übereinstimmt. Trotzdem ist auch das lebendige Thier nicht in dem Grade vor secundären Wirkungen geschützt, dass es zulässig wäre, aus der galvanischen Reizung allein einen bestimmten Schluss über die Function einer Nervenpartie zu ziehen.

Wenn ein Glied nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln seiner Empfindung beraubt, das Thier aber noch so kräftig ist, dass es spontane Ortsbewegungen macht, so sind, trotz der ungestörten Motilität, die Bewegungen der unempfindlichen Extremität nicht mehr ganz normal, sondern ungeschickt und unsicher, weil das Maas der Bewegung dem Thier durch das Gefühl nicht mehr zum Bewusstsein kommt.

Dies ist zuerst *Panizza* in seinen Versuchen an Ziegen aufgefallen, *Stilling* hat es (Roser's und Wunderlich's Archiv I. pag. 97) für Frösche bestätigt. In meinen Versuchen an Hunden und Katzen sah ich, wenn auf einer Seite die hinteren und auf der anderen Seite die vorderen Wurzeln durchschnitten waren, dass der Gang in der ersten Zeit nach dem

Erwachen aus dem Aetherrausch wankend und schwach war; wenn die Thiere ihn beschleunigen wollten, fielen sie manchmal auf die Seite, an der die vorderen Wurzeln durchschnitten waren. Im ersten Anfang glitt auch wohl der ganze Hintertheil zu Boden und die Thiere erhielten sich auf den Vorderfüssen. Später aber kam dies nicht mehr vor und die Thiere durchliefen die ganze Länge des Zimmers. Der eine Hinterfuss war aller normalen Bewegungen *fähig*, er stützte den Körper, er wurde aber beim Gehen oft *zu weit* vorgesetzt. Beim Auftreten kamen nicht nur wie gewöhnlich die Zehen, sondern auch manchmal *die Ferse* auf den Boden. Der unbewegliche Fuss wurde mit nach hinten und oben gerichteter Sohle nachgeschleppt.

Diese Unvollkommenheiten der Bewegung dürfen um so weniger der Schwächung durch die Operation zugeschrieben werden, als, wie man sieht, das maasslose in der Bewegung sich eher in einem *zu viel* als in einem *zu wenig* äussert. Der Fuss wird *zu weit* vorgesetzt, er wird beim Aufstellen *mehr* als gewöhnlich herabgebogen. Dass ferner eine *Schwächung* nicht die Ursache der hier auftretenden Bewegungsanomalie ist, wird klar aus den Verhältnissen bei Fröschen, welche sich gegen Blosslegung des Rückenmarks so indifferent verhalten. Vergl. Stilling l. c.

Auch beim Menschen kommen Lähmungen des Gefühls bei erhaltener Bewegungsfähigkeit vor und die Bewegungen werden dann ebenso unregelmässig, wie ich sie oben von Säugethieren beschrieben habe. Solche Menschen thun oft Fehltritte und fallen um, wenn sie die Bewegungen der Füsse nicht mit den Augen regeln. Wir werden später untersuchen, ob das hier in Betracht kommende Gefühl, wie man angenommen, in den Muskeln selbst seinen Sitz hat.

Rücklaufende Empfindungsfasern. Obwohl das Gefühl nur durch die hintere Wurzel den Centraltheilen zugeleitet wird, so ist die *vordere* bewegende Wurzel nicht *gefühllos*, sondern sie besitzt ein sehr ausgesprochenes Empfindungsvermögen, und erregt heftigen Schmerz, wenn sie mechanisch gereizt wird, z. B. bei der Durchschneidung. Die Nerven, welche diese Empfindlichkeit vermitteln, gehören aber nicht eigentlich der Wurzel selbst an, sondern werden ihr, wie jedem anderen peripherischen Theile, von den hinteren Wurzeln mitgetheilt. Der Uebergang von Fasern aus der hinteren Wurzel geschieht hauptsächlich in den Geflechten, welche vor der Wirbelsäule liegen.

Diese Empfindlichkeit der vorderen Wurzeln wurde bereits im Jahr 1838 von *Magendie* entdeckt und von ihm wurde die interessante Thatsache ermittelt, dass wenn man die vordere Wurzel zwischen dem Rückenmark und dem Austritt aus dem Spinalcanale durchschneidet, nur der *peripherische* Abschnitt empfindlich bleibt, der *centrale* aber ganz gefühllos wird. Daher der Name *rückläufige Sensibilität.* Durchschneidet man die *hinteren* Wurzeln, so werden die *vorderen* ganz unempfindlich. Der Widerspruch, den die meisten Theoretiker in diesen paradoxen Thatsachen gegen die ausschliessliche Geltung des sogenannten Bellschen Gesetzes zu erkennen glaubten, hinderte ihre allgemeine Anerkennung. Die Bestätigung der Magendie'schen Entdeckung gelingt nur bei der schonendsten Präparation des Thieres, und bei Vermeidung grossen Blutverlustes, der jede peripherische Sensibilität mehr oder minder verdeckt. *Bernard*, der einzige, der Magendies Ansichten vertheidigte, konnte sie daher nur unter bestimmten günstigen Verhältnissen bestätigen, und er hebt besonders hervor, dass Thiere im Momente der Verdauung die Erscheinungen beständig zeigten. Einer solchen bedingten Anerkennung gegenüber erschien es den Compilatoren von besonderem

Gewicht, dass auch ein damaliger exacter Forscher, der die Sensibilität der vorderen Wurzeln zuerst in Magendies Laboratorium gesehen hatte, später bei eigenen Versuchen dieselbe nie zum Vorschein bringen konnte. Bei einem möglichst schonenden und blutersparenden Verfahren in der Blosslegung der Nervenwurzeln, welches ich 1850 (Vierordts Archiv X. pag. 133) genau beschrieben habe, ist es mir indessen nach Anwendung des Aethers gelungen, zu zeigen, dass das von Magendie entdeckte auffallende Verhalten bei *allen* Thieren, selbst bei hungernden, ausnahmslos hervortritt, und dass die gegen Magendie erhobenen Einwürfe keine Geltung haben, dass namentlich der Verdacht einer Zerrung sensibler Nachbargebilde bei dem Versuche gänzlich aufgegeben werden muss, und ich glaube, dass es mir geglückt ist, einer Thatsache allgemeinere Anerkennung zu verschaffen, die man jetzt zu den sichersten im Gebiete der experimentellen Physiologie rechnen darf.

Die Empfindlichkeit der vorderen Wurzeln ist schwächer als die der hinteren, sie hört bei lähmenden Vergiftungen und vor dem Tode früher auf.

Die vordere Wurzel zeigt sich um so empfindlicher, je mehr man sich dem Intervertebralloch nähert, sie wird gefühlloser gegen das Rückenmark zu, und an den von ihren Häuten entblössten vorderen Rückenmarksspalten, wo sich die äussersten Enden der Bewegungswurzeln einpflanzen, konnte ich gar keine Empfindlichkeit mehr wahrnehmen.

Es gelingt die vordere Nervenwurzel von dem Ganglion der hinteren (besonders bei Katzen) abzulösen, ohne dass erstere ihre Sensibilität verliert. Der Faseraustausch findet also nicht, wie manche Schriftsteller angeben, wesentlich im Niveau des Ganglion statt. Hingegen besteht, wenn auch geschwächt, die Sensibilität der vorderen Wurzeln an der Lendenanschwellung des Rückenmarkes noch fort, wenn man den *ischiadicus* und den *cruralis* am Oberschenkel durchschnitten hat. Dies sind die Thatsachen, aus denen ich folgerte, dass der Faseraustausch in den Geflechten vor der Wirbelsäule geschehe.

Ein tüchtiger Forscher, der diese Thatsachen ebenfalls gesehen, glaubt sie auf andere Weise erklären zu können, ohne der gewöhnlichen Auffassung des „Bellschen Gesetzes“ Eintrag zu thun. Die Bewegung, welche die Reizung der vorderen Muskeln hervorrufe, erzeuge in den Muskeln eine Schwankung der Electricität, welche nach Art der secundären Zuckung die in der Peripherie neben ihnen verlaufenden Empfindungsnerven mit errege. Diese Auffassung ist unhaltbar, denn 1) ist das lebende Thier für schwache secundäre Erregung viel weniger empfänglich, als das todte.

2) Sind, wie ich zeigen werde, im Innern der Muskeln gar keine Empfindungsnerven *vorhanden* und die äusserlich anliegenden haben in der Regel keine für secundäre Erregung günstige Lage.

3) Die Empfindung offenbart sich, wie ich vielfach gesehen, selbst dann, wenn man die Wurzel noch gar nicht so stark drückt, dass Bewegung in den von ihr versorgten Muskeln entsteht, und wo der Reiz, wie bei Druck, allmählich verstärkt wird, zeigt sich immer die Empfindung *vor* der Bewegung. Die blosse *Tendenz* zur Bewegung wirkt nur kräftig erregend bei mit Zwang gespannten Muskeln zur Erzeugung secundärer Nervenreizung.

4) Ist nachzuweisen, dass wirklich Fasern der hinteren Wurzel im inneren Neurilem der vorderen verlaufen. Dies gelingt wenigstens bei den Vögeln, denen man das Rückenmark theilweise zerstört hat. Hier kommt es unter gewissen oben erörterten Bedingungen häufig vor, dass

nur die vorderen, nicht aber die hinteren Wurzeln in allen ihren Verzweigungen entarten. Man trifft nun, wie bereits gelegentlich bemerkt wurde, hier an den inneren Hüllen der entarteten vorderen Wurzel einige dünne erhaltene Nervenfasern, die sich gegen das Mark hin von der Wurzel entfernen, um auf die Rückenmarkshäute, namentlich *pia mater* und *Arachnoidea* überzugehen oder sich mit Endtheilungen (wie ich ein Mal gesehen) zu verlieren. Diese erhaltenen normalen Fasern können nur den hinteren Wurzeln entspringen und sie sind es ohne Zweifel, welche die „rücklaufende Sensibilität" vermitteln. Bis jetzt ist es mir trotz wiederholter mühevoller Durchsuchung der vorderen Wurzeln nicht gelungen, in ihnen entartete Fasern zu entdecken, wenn ich nur die Fussnerven in ihrem Verlaufe am Oberschenkel durchschnitten hatte.

B. Am Gehirn.

Man war eine Zeit lang der Ansicht, dass auch alle Gehirnnerven, ähnlich wie die dem Rückenmark entspringenden Wurzeln, entweder nur Empfindung oder nur Bewegung vermittelten, und glaubte auch hier, die bewegenden Nerven selbst für ganz *unempfindlich* halten zu müssen. Der Unterschied zwischen den Hirn- und den Rückenmarksnerven sollte darin bestehen, dass während jeder der letzteren eine Verbindung zweier functionell geschiedener Wurzeln darstelle, die Hirnnerven, abgesehen von den drei höheren Sinnesnerven, immer bloss einer der beiden Wurzeln entsprechen, und so mehrere zusammen erst einen ganzen Spinalnerven repräsentiren sollten.

Betrachten wir zunächst die einzelnen Hirnnervenpaare, wie die Anatomie sie annimmt, so ist dies Theorem durchaus zu verwerfen. Ob die Verletzung der *höheren Sinnesnerven*, des Opticus, Olfactorius und Acusticus ausser der sensuellen Erregung noch eine sensible nach sich zieht, ist nach den bisherigen Erfahrungen sehr zu bezweifeln. *Magendie* hat bei Menschen, die an Verdunkelung der Krystallinse litten, während der Staaroperation die Ausbreitung des Sehnerven berührt, und die Patienten behaupteten, nur einen Lichtschimmer zu sehen, aber die Berührung durchaus nicht zu empfinden. Ebenso ist es möglich, bei Thieren die Sehnerven zu durchschneiden, ohne Schmerz zu erregen. Wenn Vögel (Tauben) bei diesem Versuche unruhig werden, so ist es die Frage, ob eine unangenehme Empfindung, oder die Ueberraschung durch die plötzliche Lichterscheinung diese Unruhe verursacht. Diese Nerven dürfen also um so weniger einer hinteren Rückenmarkswurzel verglichen werden, als alle Organe, zu denen sie sich begeben, ausserdem noch ihre besonderen Empfindungsnerven erhalten. Durchschneidung des *Olfactorius* und des *Acusticus* sah ich stets bei Kaninchen, die freilich während des Versuches festgehalten wurden, ohne wahrnehmbare Empfindung verlaufen. Sicher war also kein eigentlicher Schmerz vorhanden.

Unter den neun noch übrigen Hirnnerven gibt es *keinen einzigen*, der rein empfindend wäre. Der Vagus, den man oft als die zum *Accessorius* gehörige empfindliche Wurzel angesprochen, hat motorische und Gefässnerven in seinen eigenen Ursprüngen; dass der *Glossopharyngeus* in gleichem Falle ist, hat schon *J. Müller* nachgewiesen, und auch der *Trigeminus* kann nicht ganz, wie *Bell* vermuthete, als ein doppelwurzeliger Spinalnerv des Kopfes angesehen werden, da er zwar mit zwei Wurzeln entspringt, deren kleinere ohne Ganglion und rein motorisch ist, deren grössere aber, wie ich gefunden, bei dem *Austritt* aus dem Gehirn schon

gefässbewegende Fasern enthält. Wenn wir aber auch von diesen letzteren absehen, so ist die Analogie mit den Spinalnerven keine ganz vollständige, indem die Verbreitung der empfindenden Wurzel unverhältnissmässig viel grösser ist, als die der motorischen, die eigentlich nur einen sehr kleinen Theil des dritten Astes der gangliösen Partie begleitet, während ein grosser Theil desselben Astes zu Organen geht, die ihre Beweglichkeit vom *Hypoglossus* erhalten, und die beiden anderen Aeste das Gebiet von nicht weniger als noch vier verschiedenen bewegenden Nerven mit Empfindung versorgen.

Hingegen haben wir am Gehirn sechs rein motorische Nerven, die aber keineswegs, wie man angenommen, an ihrem Ursprunge ganz *unempfindlich* sind, welche jedoch die empfindenden Fasern auf *rückläufigem* Wege aus anderen Nerven erhalten. Dies gilt wenigstens von drei dieser Nerven, die einer Untersuchung ohne allzusehr schwächenden Eingriff an ihrer Wurzel zugänglich sind, und es darf darum ein gleiches Verhalten für die drei anderen vermuthet werden. Der *Hypoglossus*, der an seiner Wurzel bei jungen Ziegen, wo ich ihn erreichen konnte, deutlich empfindlich ist, erlangt diese Sensibilität von einem Aestchen der hinteren Wurzel des ersten Cervicalnerven, wird dieser durchschnitten, so ist der Ursprung des *Hypoglossus* unempfindlich, nicht aber sein Stamm, der also noch von anderen sensibeln Nerven her Zweige erhält, die wir später angeben werden.

Der *Accessorius* hat sehr deutliche Empfindung, die ihm aber nur, wie *Bernard* bereits richtig bemerkt und ich mehrfach bestätigt habe, von den drei bis vier obersten Cervicalnerven kommt. Die Empfindlichkeit ist übrigens weniger ausgesprochen, als an den vorderen Spinalnervenwurzeln.

Dass der *Oculomotorius* in der Schädelhöhle empfindlich ist, hatte schon *Valentin* angegeben und mit Unrecht hat man dies Resultat zu verdächtigen gesucht. Es zeigt sich vielmehr seine Sensibilität auch bei geöffnetem Schädel, wenn man während des Erwachens der Thiere aus dem Aetherrausche nicht zu viel Blut verloren hat. Um alle hier möglichen Einwürfe zu vermeiden, und um mich besonders vor Druck auf benachbarte oder darunter liegende Nerven zu bewahren, führte ich, nachdem ich mich dem Ursprunge des Nerven so viel als möglich, bei aufgehobenem Gehirne, genähert, eine kleine sichelförmige Staarnadel unter denselben, wobei das Thier ruhig blieb. Nun durchschnitt ich den Nerven plötzlich von unten nach oben, und es erfolgten deutliche Zeichen ausgesprochener Empfindung. Kneipt man die beiden Enden des durchschnittenen Nerven, so zeigt sich nur das *peripherische*, nicht aber das *centrale*, empfindlich. Die Sensibilität in der Nähe der Wurzel ist daher, wie bei den anderen motorischen Nerven, eine rückläufige, und sie stammt, wie ich in weiteren Versuchen gefunden habe, aus dem *Trigeminus*. Für den Stamm des Nerven in der Nähe der Augenhöhle hatte schon *Magendie* ein ähnliches Resultat erhalten, hier aber ist die Sensibilität nicht rückläufig, sondern die Empfindungsfasern verbreiten sich vom Centrum gegen die Peripherie hin.

Die *N. facialis*, *abducens* und *trochlearis* sind sicher nicht in höherem Grade empfindlich, aber die Blosslegung ihrer Austrittsstelle aus dem Gehirn ist eine zu eingreifende Operation, als dass man nach derselben einen schwachen Grad von Empfindlichkeit noch leicht sollte erkennen können. Wer es erfahren hat, wie viele Uebung es erfordert, bis es gelingt, die Sensibilität der motorischen Spinalnervenwurzeln eclatant darzulegen, der wird sich nicht übereilen, aller Analogie entgegen, die drei

eben genannten Nerven für gefühllos an ihrer Wurzel zu erklären, weil ihre Sensibilität bis jetzt nicht nachgewiesen werden konnte.

Es ist allerdings möglich, den *facialis* an seiner Wurzel ohne eingreifende Operation vom Hinterhauptsloche her zu durchschneiden, indem man ein kleines an der Spitze sichelförmig gebogenes Messer neben dem verlängerten Mark nach vorn bis zur Pyramide des Schläfenbeins einführt und dann mit etwas in die Höhe gehobenem Griff so zurückführt, dass *facialis* und *auditorius* zugleich durchschnitten werden, bei Kaninchen kann man sogar die Wurzeln dieser beiden Nerven auf eine noch schonendere Weise durchschneiden (vergl. *N. auditorius*) aber die Thiere müssen bei der Durchschneidung fest gehalten werden, so dass man nicht beurtheilen kann, ob sie einen mässig starken plötzlichen Gefühlseindruck dabei erleiden. Ihre Gesichtsmuskeln zucken im Momente des Schnittes natürlich stark zusammen, da der *facialis* der bewegende Nerv des Gesichtes ist. Im Inneren des Felsenbeines ist der *facialis* schon in sehr hohem Grade empfindlich, durch Fäden, welche ihm vom fünften und oft vom zehnten Paare mitgetheilt werden, und noch stärker sensibel werden seine Gesichtszweige, wie wir dies unten näher besprechen werden.

Die Hirnnerven können also nicht, wie man dies noch vor Kurzem versucht hatte, in sensuelle, sensible und motorische eingetheilt werden, weil diejenigen, welche man für sensibel hielt, in der That gemischte Nerven sind. Es fragt sich nun, ob für die letzteren die verschiedenen einzelnen Wurzelbündel theils ausschliesslich motorisch, theils ausschliesslich sensibel seien. Man hat dies bis jetzt häufig aus theoretischen und anatomischen Gründen angenommen, weil in der Nähe der Wurzel ein Ganglion befindlich ist, durch welches nur *ein Theil* der Wurzelfasern geht, die man darum aus Analogie mit den Spinalnerven für die sensibeln erklärte. Erfahrungsgemäss lässt sich wenigstens in Betreff der Bewegungsfasern für die grösseren Muskelmassen feststellen, dass nur *bestimmte* Wurzelpartien dieser Nerven auf sie einwirken. Hingegen fehlt uns die Möglichkeit, das Verhalten der Gefässnerven zu den Wurzelfäden zu prüfen. Die Verhältnisse des Trigeminus haben wir schon erörtert. Beim Vagus sind die motorischen Fasern diejenigen, welche am weitesten nach hinten gegen das Rückenmark zu entspringen, während die vorderen ohne Bewegungseinfluss sind. Beim Glossopharyngeus (vergl. *Volkmann* in Müller's Arch. 1840 pag. 489) ist nur die dünnere mehr nach vorn gelegene Wurzel im Stande, Bewegungen zu erzeugen. Dass dieser Nerv überhaupt gemischt ist, haben jetzt mehrere Forscher gesehen, ich konnte aber auch bei jungen Hunden *Volkmanns* Unterscheidung der beiden Wurzeln bestätigen.

Dass die Ganglienbildung an der Nervenwurzel eine Anzeige eines sensibeln Nerven sei, ist noch keineswegs genügend festgestellt. Wir wissen zwar, dass alle sensibeln Nerven Ganglien an der Wurzel besitzen, hingegen fehlen diese auch einigen rein motorischen Nerven nicht, z. B. dem Hypoglossus, der beim Hunde einen Wurzelknoten hat. Wir werden später sehen, dass viele motorische Nerven Ganglien in ihrem peripherischen Verlaufe einschliessen.

Die Bellsche Theorie verlangt, dass nicht nur motorische und sensible sondern auch sensuelle Fasern, die in der Bahn eines Nerven liegen, sich durch besondere anatomische Lagerung der entsprechenden Wurzel anzeigen. Der Glossopharyngeus lässt aber nur zwei Wurzelbündel unterscheiden, obschon er alle drei Arten von Fasern einschliesst. Er ist nämlich Gefühls-, Bewegungs- und Geschmacksnerv. Der ebenfalls schmeckende Quintus zeigt an seinem Ursprung auch nichts besonderes.

Den eigentlich sensuellen Nerven kann man also nicht consequent eine gesonderte Austrittstelle aus dem Gehirn vindiciren. Geruchs-, Gesichts- und Gehörnerven haben zwar eine besondere Wurzel, aber nicht so die Geschmacks-

nerven, da ein Theil derselben mit der grossen Wurzel des Trigeminus gemeinschaftlich mit gewöhnlichen Gefühlsfasern, ein anderer Theil im Glossopharyngeus neben Gefühls- und selbst Bewegungsnerven entspringt.

II. DIE THÄTIGKEIT DER SENSIBELN NERVEN.

Es ist hier unsere Aufgabe nicht, eine Physiologie der Empfindungsthätigkeit zu geben, welche bei den Sinnesfunctionen als Hautsinn im Zusammenhange darzustellen ist. Hier werden wir nur diesen Gegenstand so weit besprechen, wie der *peripherische* Nerv als *leitendes Organ* dabei in Betracht kommt.

Eine Reizung, welche nicht unmittelbar die Nervencentra trifft, kann nur dann direct empfunden werden, wenn das afficirte Organ mit den Centren durch Gefühlsnerven in Verbindung steht.

Ein im normalen Zustande empfindlicher Theil wird darum gegen jede, auch noch so mächtige und eindringliche Gefühlsreizung vollkommen indifferent werden, wenn seine sensibeln Nerven durchschnitten oder gelähmt sind.

Es sind daher Fälle vorgekommen, wo z. B. Personen mit sensibler Lähmung der Extremitäten sich unvorsichtig einer Flamme genähert, und ihre unempfindlichen Glieder theilweise verkohlt wurden, ohne dass die Kranken es bemerkten.

Die Chirurgie wendet die Durchschneidung der sensibeln Nerven manchmal mit Erfolg bei sehr quälenden Nervenschmerzen aus peripherischer Ursache an.

Jeder äussere Eingriff, der empfunden werden soll, muss auf eine Verzweigung eines sensibeln Nerven wirken.

In früherer Zeit würde man gegen diesen Satz den Einwurf erhoben haben, dass jede Stelle der Haut empfindet, wo man sie auch, selbst mit der feinsten Spitze berühren möge, dass aber nicht an jeder Stelle Ausbreitungen von Nerven zu sehen seien. Man nahm daher in der That eine *„sensible Athmosphäre“* der kleinen Nervenreiser an, welche die Lücken zwischen denselben erfüllen sollte. Jetzt hat uns das Mikroscop belehrt, dass die feinsten Ausläufer der Nerven so enge Maschen im Innern der Organe bilden, dass schwerlich irgend ein mechanischer Eingriff auf einen so kleinen Raum beschränkt werden kann, dass er nicht höher oder tiefer direct auf eine, ja mehrere, Nervenfibrillen treffen muss.

Uebrigens kommt es in der That vor, dass manche Organe, die nur wenige sensible Nerven erhalten, die sehr weite Maschen bilden, auf eine Reizung an einer Stelle gar nicht reagiren, während sie nach denselben Reizungen an einer nebenangelegenen oder entfernteren Stelle sehr deutliche Zeichen von Empfindung geben. Dies sah ich z. B. oft bei den sehnigen Fascien, und mehrmals an der Knochenhaut. Hier ist also nicht jede Stelle empfindlich.

Die gewöhnlichen sensibeln Nerven erregen bei directer Reizung ihrer blossgelegten Stämme und bei Integrität des Rückenmarkes heftigen Schmerz, aber es sind nicht alle sensibeln Nervenstämme in *gleichem Grade* empfindlich. Der Vagus ist von allen sensibeln Strömen derjenige, dessen (normale) *Schmerz empfindende* Eigenschaft, obgleich sie sich ganz zweifellos ausspricht, am wenigsten lebhaft hervortritt. Ja bei einigen Pflanzenfressern, z. B. beim Kaninchen ist das Gefühl im Halsstamme des Vagus so stumpf geworden, dass ihm von einigen weniger sorgfältigen Beobachtern hier die Sensibilität ganz und gar *abgesprochen* wurde. Allerdings erregt seine Quetschung oder Durchschneidung hier keinen so

lebhaften Schmerz wie bei Hunden oder Katzen, hat man aber das Thier nach der Blosslegung des Nerven sich erholen lassen, und ist es nicht allzusehr eingeschüchtert, so erkennt man an seinen Bewegungen und an seinem plötzlichen Zusammenfahren, dass Quetschung des Vagus nicht bloss *bemerkt*, dass sie auch *schmerzhaft* empfunden wird.

Sehr auffallend zeigt sich hier bei diesen Thieren aber die verschiedene Empfänglichkeit der Gefühlsnerven, wenn man vergleichungsweise den Halsvagus und dessen oberen Kehlkopfast reizt. Der letztere zeigt sich stets mit lebhafter Empfindung begabt. Ebenso findet man den oberen Theil des Vagus, ehe noch der *laryngeus* von ihm abgegangen, *ebenso* empfindlich, wie den letzteren. Die Empfindlichkeit des *laryngeus* ist aber immer noch auffallend geringer, als die der benachbarten Halsnerven.

Der Umstand, dass die Reizung des Laryngeus nicht merklich andere Reactionen des Thieres hervorruft, als die des *oberen* Vagusstückes, in welchem der Laryngeus noch enthalten ist, zeigt, dass die geringere Empfindlichkeit vieler Nerven nicht daher kommt, dass in ihnen empfindende Fasern mit vielen unempfindlichen gemischt sind, sondern dass es sich hier um eine, wenn auch nur graduelle Verschiedenheit der Nerven selbst, oder vielleicht ihrer tieferen Beziehungen im Inneren der Centraltheile handelt. Dasselbe kann auch dadurch bewiesen werden, dass ein Nerv, wie z. B. der *hypoglossus*, oder die vorderen Wurzeln der Spinalreihen, die neben vielen motorischen nur einige wenige sensible Fasern führen, letztere aber von heftig empfindenden Nerven herstammend, sich nach den Zeichen seiner Empfindlichkeit beim *ungeschwächten* Thier nur sehr wenig oder kaum von einem gewöhnlichen gemischten Rückenmarksnerven unterscheiden lässt. Die Empfindung *selbst* wächst allerdings mit der Zahl der erregten Fasern, aber dies ist bei *Thieren* kaum zu erkennen.

Dass die *Eintrittsstelle* in die Nervencentra in der angeführten Beziehung nicht entscheidend wirkt, geht ebenfalls aus dem eben besprochenen Beispiele der verschiedenen Empfindlichkeit sensibeler Aeste desselben Stammes hervor.

Empfindlicher als der Vagus, aber offenbar noch weniger stark erregbar als die Spinalnervenstämme oder der Quintus, ist der Stamm des Glossopharyngeus. Hiervon kann man sich besonders bei Katzen und Meerschweinchen überzeugen, bei Hunden ist die Verschiedenheit vom Vagus nicht deutlich. Hingegen können grössere Hunde den Beweis liefern, dass die angeführte Stumpfheit der Empfindung auch hier nicht auf der geringeren *Zahl* der wirklich empfindenden Nerven beruht, sondern auf einer *inneren* Verschiedenheit. Einem ätherisirten Thiere präparire man den Stamm des Glossopharyngeus an der *Bulla ossea* des Schläfenbeins und zugleich einige kleine Ramificationen des *lingualis* unter der Zunge. Lässt man den Hund jetzt wieder erwachen, so wird Durchschneidung oder Quetschung des ganzen Glossopharyngeus nicht entfernt so lebhafte Empfindung verursachen, als dieselbe Operation an einem kleinen Lingualisästchen, das nur 6 bis 9 Primitivfasern enthält. (Bekanntlich hat *Panizza* darum auch dem erstgenannten Nerven die Schmerzempfindlichkeit abgesprochen). Und doch muss die *Zahl* der in der ersten Operation betroffenen Empfindungsfasern ziemlich beträchtlich sein, wenn man erwägt, dass nach der Durchschneidung die ganze Wurzelhälfte der Zunge alle Empfindung verliert, und dass der einzige Gefühlsnerv für eine so grosse Fläche sicher nicht arm an sensibeln Fasern sein kann.

Dem Einwurf, dass der angegebene Erfolg daher rühre, dass man in dem einen Theil des Versuches eine Endverzweigung, in dem anderen einen centraleren Theil des Nerven lädirt habe, und dass die Enden an und für sich empfindlicher seien (siehe unten), kann man leicht dadurch begegnen, dass man auf der

anderen Seite desselben Thieres eine Endverzweigung des freien Theils des Glossopharyngeus mit einem Zweigchen oder Stämmchen des *lingualis* vergleicht. Der Erfolg ist hier noch auffallender.

Auch noch andere schmerzempfindende Nervenstämme zeigen Unterschiede ihrer Erregbarkeit, die aber nicht so deutlich objectiv hervortreten, wie bei den beiden angeführten Nerven, und die mehr der subjectiven Schätzung des erfahrenen Experimentators anheimfallend, hier nicht speciell erwähnt werden.

Es gibt nun im peripherischen Nervensystem noch eine andere Reihe von Organen, die, wenn der Versuch gut angestellt wird, ihre Empfindlichkeit immer verrathen, die aber nie, im *normalen* Zustande, bis zur Erzeugung ausgesprochenen Schmerzes gereizt werden können. Hierher gehört z. B. der Halsstrang und das obere Ganglion des Sympathicus. Hat man diese Theile rasch blossgelegt und isolirt, sie darauf wieder, bis das Thier (z. B. für das Ganglion eine Katze, für den Halsstrang ein Meerschweinchen) aus dem Aetherrausche erwacht und ganz ruhig ist, mit umgebenden Theilen bedeckt, so muss man sie zwischen die Arme einer Pincette fassen, und abermals die Ruhe des Thieres abwarten. Comprimirt man jetzt ohne zu zerren, so wird man an dem rascheren und mitunter tönenden Athmen des Thieres, an den Bewegungen des Kopfes, bei Katzen auch des Schwanzes, erkennen, dass der Druck *empfunden* worden ist, aber man wird keine grösseren Schmerzesäusserungen erlangen, wenn man auch das Ganglion theilweise zermalmt. Dasselbe gilt auch für die meisten übrigen Ganglien als Sympathicus im *normalen* Zustande.

Sobald man an den Ganglien zerrt oder ausgebreitetere Reize anwendet, werden die von den Centren her eintretenden Nerven mit afficirt, und man erhält dann stärkere Reactionen, die aber von den letzteren herrühren. Hat das Ganglion einige Zeit blossgelegen, oder ist es mehrfach berührt worden, so wird, wie bereits *Brachet* bemerkte, seine Empfindlichkeit ebenfalls, aber krankhaft, erhöht. Daher die widersprechenden Resultate der Experimentatoren. Wartet man nicht die Ruhe des Thieres ab, so kann das Ganglion unempfindlich scheinen.

Die *Ganglia coeliaca*, die grössten Knoten des Sympathicus sind auch zugleich dessen empfindlichsten Theile. Die zu ihnen vom Gränzstrang ausgehenden splanchnischen Nerven, so wie die Knoten selbst, können, wie schon *Haller* gesehen, und *Flourens*, *Brachet* u. s. w. bestätigt haben, bei unmittelbarer Reizung deutliche Schmerzensäusserungen erregen und es ist auffallend, dass *Bichat* sie unempfindlich gefunden haben will. Es kommt auch hier nach meinen Erfahrungen sehr viel auf die Wahl der Thiere an. Bei Katzen sind diese Theile sehr empfindlich, obschon es eine Uebertreibung von *Haffter* war, sie in dieser Beziehung mit dem *trigeminus* zu vergleichen (*Henle & Pfeuffer*, Neue Folge Bd. IV. pag. 322). Bei Hunden sind sie es ebenfalls, aber in geringerem Grade, bei Kaninchen hingegen ist ihre Sensibilität sehr schwach, aber deutlich, jedenfalls stärker als die des Vagus.

Die Lendenganglien des Sympathicus sind bei Katzen ebenfalls etwas empfindlicher als das Kopfganglion.

Verschiedene Empfindlichkeit der Organe. Entsprechend der Sensibilität der zu ihnen gehenden Nerven variirt die der verschiedenen Körpertheile. Hier sind aber die hervortretenden Modificationen viel auffallender und *zahlreicher*, als bei den Nervenstämmen, weil ein Stamm neben sehr empfindlichen Nerven noch andere minder sensible enthalten kann, die sich dann bei Reizung des Nerven selbst natürlich der Wahrnehmung entziehen, aber in ihrer Eigenthümlichkeit hervortreten, sobald sie isolirt in ein Organ eingehen.

Wenige Theile der Physiologie haben durch die neueren Forschungsmethoden, durch die Benutzung der Aetherisation, grössere Fortschritte gemacht, als die Lehre von der Verbreitung der Empfindung in den peripherischen und centralen Organen des Thierkörpers. Früher beschränkte man sich darauf, zu untersuchen, ob ein durch eine grausame und oft sehr eingreifende Operation blossgelegter Theil bei der Reizung Schmerz erzeugte. War dies nicht der Fall, so galt der Theil für unempfindlich. Feinere Modificationen der Empfindung mussten auf diese Weise ganz entgehen, sie waren durch den unmittelbar vorhergegangenen Schmerz übertäubt, oder ihre Aeusserungen waren dem gewaltsam festgebundenen, oder noch *schlimmer*, dem mit wechselndem Druck der Hand von den Gehülfen *festgehaltenen* Thiere unmöglich gemacht. Die mit den Versuchen verbundene, abschreckende Grausamkeit hielt von der häufigen Wiederholung ab, die allein ein sicheres Urtheil geben kann. Um so auffallender aber ist es, dass auch jetzt noch von Seiten herzloser Physiologen und auch von angeblich frommen Physiologastern gegen die Anwendung des Aethers bei schmerzhaften Blosslegungen Einwürfe erhoben werden, als könne die Function der Theile durch vorherige Aetherisirung verändert, als könne die Sensibilität dauernd abgestumpft werden. Niemals habe ich etwas der Art bemerkt, obschon ich wahrscheinlich mehr Versuche gemacht, als alle diese Herren zusammen genommen. Nicht die frische *Wunde* schmerzt, sondern nur die *Verwundung.* Hat man also einen Theil unter dem Einflusse des Aethers gehörig blossgelegt, und bedeckt man ihn dann wieder mit den Wundlappen um seine Erkaltung und Vertrocknung zu verhüten, so wird das Thier ohne Schmerz erwachen; es wird dann weder durch die Erinnerung an das Leiden noch durch rohes Festhalten eingeschüchtert, man bedarf nicht mehrerer Assistenten, durch deren Anblick es schon in Angst geräth. Rasch werden die Wundlappen von einander entfernt, und das Thier wird an einen Ort gebracht, wo es schon von früher orientirt ist, weil sonst die Verlegenheit wegen der fremden Umgebung, besonders bei Kaninchen und Meerschweinchen, manche Gefühlsäusserung maskirt. Nun genügt ein einfaches momentanes Quetschen der zu untersuchenden Stelle, um dem geübten Experimentator zu zeigen, ob das Thier den Eingriff empfindet, oder nicht. Vor dem Quetschen muss man indessen die Hand einige Male nähern und wieder entfernen, um auch das Thier hierdurch nicht mehr zu ängstigen. Eine andere Methode sehr schwache Gefühlseindrücke zu erkennen, die aber für diesen jetzigen Zweck allzu empfindlich ist, zu grosse Ausschläge gibt und darum feinere Modificationen verhüllt, werden wir bei der Physiologie des Rückenmarks kennen lernen.

Dadurch, dass man früher vielen unläugbar sensibeln Theilen die Empfindung absprach, obschon die Erfahrung gezeigt hatte, dass diese Theile in Krankheiten heftig schmerzen können, war man zu der sonderbaren Hypothese genöthigt, dass die Krankheit eine *nicht vorhandene* Sensibilität erst *hervorrufen* könne. Sind in diesen Theilen keine sensibeln Nerven, so kann eine Krankheit, noch dazu innerhalb weniger Stunden, sie ebensowenig *schaffen,* als sie motorische sensibel machen kann. Sind aber Empfindungsnerven vorhanden, so mussten es solche sein, die im normalen Leben eben nicht empfunden hätten.

Ein plötzlicher aber schwacher, nicht schmerzerregender Gefühlseindruck offenbart sich bei verschiedenen Thieren durch Umdrehen des Kopfs, Beschleunigung der Athmung, Bewegung der Augenlider, der Augen, der Ohren, des Schwanzes, der Barthaare u. s. w. Es richtet sich dies nach der Individualität der Thiere, die der Experimentator genau studiren muss. Häufige Wiederholung der Versuche ist nöthig, um sich vor Zufälligkeiten zu wahren. Hingegen muss man sich hüten ein und dasselbe Thier durch Häufung der Versuche abzustumpfen oder in einen gereizten Zustand zu versetzen.

Schmerzhaft ist von peripherischen Organen die Verwundung und Quetschung der Haut, der mucösen Bedeckungen aller Sinneswerkzeuge, der Rachen- und Gaumenschleimhaut, der Ueberzüge des Mundes, des Kehlkopfes, der Ausführungsgänge der Harn- und Geschlechtswerkzeugs in ihrer ganzen Länge, mit Einschluss des Muttermundes, der Schleimhautring zwischen den Sphincteren des Afters.

Schwächer schon ist das Gefühl in allen Organen, die von den oben angeführten weniger empfindlichen Nervenstämmen versorgt werden. So in der Luftröhre, im Magen, dem Pharynx, dem Oesophagus, den Gedärmen. Sind diese Theile frisch blossgelegt, so kann man manchmal durch starke locale Reizung noch Zeichen von Unbehagen des Thieres, aber kaum unzweideutig ausgesprochenen Schmerz erlangen. Die Prüfung der Empfindlichkeit der Unterleibsorgane erfordert viele Vorsicht, da man das Thier beständig auf dem Rücken liegend festhalten muss.

Die Sehnen und die sie umgebenden Membranen sind empfindlich, sie fühlen Druck und Quetschung, und noch deutlicher reagiren sie auf plötzliches Loslassen nach mässigem nur ganz langsam verstärktem Druck. Schmerz kann man aber im normalen Zustande in ihnen nicht hervorrufen. Man merkt eben nur, dass das Thier etwas empfindet. Es wurde darum die Sensibilität der Sehnen, die früher allgemein sehr hoch angeschlagen worden, von *Haller* ganz geläugnet und ist seitdem verkannt worden. Selbst *Flourens,* der in neuester Zeit wieder auf die Sensibilität *krankhaft veränderter* Sehnen aufmerksam machte, glaubt sie für *gesunde* Sehnen noch in Abrede stellen zu müssen.

Aehnlich der Sensibilität der Sehnen ist diejenige der die Muskeln von aussen umhüllenden Membranen [1]), des Peritoneums, der Nieren, des Periostes und der sehnigen Aponeurosen.

Ob die Pleura und die Lungen empfinden, ist mir unbekannt, dass die Knochen Sensibilität besitzen, muss ich bezweifeln, aber die innere Markhaut *scheint* nach einigen von mir angestellten, noch nicht vollkommen überzeugenden Versuchen empfindlich zu sein.

Die Drüsen am Halse und die Speicheldrüsen besitzen deutliche Empfindung, die bei ersteren sich stärker ausspricht.

Die Sensibilität der harten Hirnhaut wurde ebenfalls früher sehr übertrieben, sie wurde unter anderen nach chemischer Reizung von *Vandelli* und *Schlichting* beobachtet; von *Haller* geläugnet, konnte sie von *Caldani* und *Fontana*, die sonst in der Sensibilitätsfrage stets auf Haller's Seite standen, nach ihren Versuchen nicht ganz in Abrede gestellt werden. Auch *Longet* scheint eine stumpfe Empfindlichkeit der *dura mater* gefunden zu haben. In meinen Versuchen fand ich sie sowohl am Gehirn, wie am Rückenmark sehr deutlich und mitunter stark ausgesprochen empfindlich.

Die Arachnoidea ist am oberen Halstheil schwach sensibel, über die *pia mater* habe ich keine Versuche.

Ganz *unempfindlich* gegen chemische und mechanische Reize ist hingegen das Muskelfleisch und wie mir schien, auch das Fettzellgewebe, wo es nicht von Hautnervenstämmen durchsetzt wird.

Alle die Versuche sind mit *Quetschung* angestellt, Stechen mit einer sehr spitzen Nadel ergab variable Resultate. Ich habe schon angeführt, wie ich mir dies erkläre.

Pathologische Veränderungen der Empfindungsnerven. Geschwülste, welche sich neben dem Empfindungsnerven oder neben ihrer peripherischen Verbreitung in den Organen entwickeln, wirken auf die Nerven durch Druck. Nach den oben entwickelten Gesetzen der mechanischen Reizung werden sie also nur dann anhaltenden Schmerz bedingen, wenn dieser Druck hinreichend rasche und häufige Schwankungen erleidet, z. B. durch das regelmässige bei der Herzwirkung in die Geschwulst

[1]) Sie empfinden zwar, aber ich konnte nur ihnen *zufällig* aufliegende, keine in ihnen sich verzweigende Nerven bis jetzt deutlich wahrnehmen.

einströmende Blut. In anderen Fällen turgiren die Geschwülste nur von Zeit zu Zeit, etwa durch Blutwallungen, und der Schmerz wird intermittirend. Am häufigsten aber sind die Geschwülste und das sie umgebende verdichtete Zellengewebe gar nicht *ausdehnbar*, sie drücken dann bei ihrer nur langsamen Zunahme ganz *allmählich* auf den Nerven, welcher demnach endlich *gelähmt* wird, *ohne* bemerkliche Reizung. Man darf daher nicht, wie dies früher häufig geschehen ist, auf die Unempfindlichkeit eines Organes oder eines Nerven schliessen, wenn sich in ihm bedeutende Geschwülste ohne allen Schmerz entwickelt haben.

Sehr wichtig ist der Einfluss, den verlängerte Reizcongestionen oder Entzündung auf die Nerven ausüben. Bei Kaninchen und einer Ente habe ich den *Plexus brachialis* blossgelegt, und denselben mit verdünntem Terpentinöl mehrere Male oberflächlich mittelst eines Schwammes überstrichen. Die Thiere schienen dies unmittelbar darauf nicht sehr zu empfinden, und auch später, als sich die Nerven äusserlich geröthet zeigten, bemerkte ich nicht, dass die Sensibilität in dem peripherischen Verlauf des Nerven zugenommen hatte, wohl aber war die geröthete Stelle gegen Berührung und leichten Druck sehr empfindlich geworden. *Brachet* hat schon, wie bereits angeführt, beobachtet, dass die in normalem Zustand so schwach empfindenden sympathischen Ganglien, wenn sie eine Zeit lang der Luft ausgesetzt waren, oder nachdem man sie mechanisch durch Nadeln gereizt hat, sehr stark erregbar werden, und dass auch diese Empfindlichkeit auf den Ort der früheren Reizung beschränkt bleibt, und sich nicht auf die Zweige ausdehnt (*Syst. ganglionnaire*, p. 361). *Longet's* und meine Versuche bestätigen *Brachet's* Resultate, die bei schwach empfindenden Nerven, wie der Sympathicus, zwar viel auffallender hervortreten, aber auch auf die anderen Nerven ihre Anwendung finden.

Die hier beobachtete stärkere Wirkung der sensibeln Reizung an der in Hyperämie versetzten Stelle des Nerven beruht auf einer künstlich hervorgerufenen *Veränderung der Empfindlichkeit*. Da wir nicht wissen, wie Hyperämie eine solche Veränderung zu Stande bringen kann, und worin sie besteht, so hat man die Schmerzhaftigkeit bei der Nervenentzündung scheinbar einfacher dadurch erklärt, dass man behauptete, der Nerv sei an und für sich nicht empfindlicher, aber er sei schon durch Druck des Exsudates oder der geschwollenen Gewebe beständig unter dem Einfluss einer bestimmten Reizungsgrösse, mit der sich eine, in anderen Fällen unbedeutende, Erregung nur summire, um einen grösseren Ausschlag hervorzubringen. Diese Annahme ist unhaltbar, denn:

1) Ist der bereits *bestehend* angenommene Druck eine beständige oder nur sehr langsam schwankende Grösse, so wirkt er *gar nicht*, oder vielmehr im Gegentheil die Thätigkeit des Nerven schwächend. Sind seine Schwankungen aber gehörig rasch und häufig, so müsste er auch spontanen Schmerz machen, der hier allem Anschein nach nicht und sicher nicht immer vorhanden ist.

2) Die anatomische Untersuchung findet in den durch die Wirkung öfterer Berührung, von Nadelstichen u. s. w. heftiger empfindender Nerven oder Ganglien in der ersten Zeit gar keine solche Exsudate, die den hypothetisch angenommenen Druck bewirken könnten.

3) Wäre auch wirklich Druck auf den Nerven durch die Hyperämie vorhanden, welche sich zu dem der leichten Quetschung mit einer Pincette erregend summirte, so müsste die Reizung immer viel schwächer sein, als die durch einen anderen Druck hervorgebrachte, der das Ganglion zwischen den Armen der Pincette zermalmt. Aber eine Zermal-

mung des frisch blossgelegten Ganglions wird mit viel geringeren Empfindungszeichen ertragen, als eine blosse Quetschung des entzündeten.

Es muss also die Hyperämie und die durch sie bedingte Ernährungsveränderung *wirklich* auf eine uns noch unbegreifliche Weise *die Sensibilität erhöhen*, und wir können nur noch fragen, ob hierbei die *Aufnahmsfähigkeit* oder die *Leitungsfähigkeit* der Nerven, oder vielleicht beide, eine Veränderung erlitten.

Die gewöhnliche Ansicht der Schriftsteller, welche die Aufnahmsfähigkeit der Nerven als gar keine besondere Eigenschaft neben der Leitungsfähigkeit hervorhebt, würde nur eine Erhöhung der letzteren gelten lassen. War aber die schwache Empfindlichkeit des Nerven im normalen Zustande nur die Folge eines geringen *Leitungsvermögens*, so hat der krankhafte Zustand das letztere entweder 1) *nur* an der gerötheten Stelle des Nerven vermehrt, dann könnte der erregte Schmerz aber gar nicht zum Bewusstsein gelangen, weil er auf seinem Wege zu den Centraltheilen die höheren Nervenstrecken zu durchlaufen hätte, wo die Leitung wieder eine Hemmung erführe. Dann wäre höchstens nach einem sehr schwachen Eindruck an der gerötheten Stelle, das *Maximum* der Empfindung zu erlangen, dessen auch der ganz normale Nerv fähig ist, dieses Maximum wird doch aber nach den Beobachtungen überschritten. Oder

2) das Leitungsvermögen wäre von der gerötheten Stelle bis zum Centrum vermehrt. In diesem Falle wird es unbegreiflich, warum, wenn sich die Veränderung auf das Leitungsvermögen beschränkt, eben nur die geröthete Stelle und keine andere über ihr die normale Empfindlichkeit überschreitet.

Die oberhalb der irritirten Stelle des Nerven gelegene Strecke ist normal geblieben und *leitet* nichts destoweniger den verstärkten Empfindungseindruck, wenn er einmal an einem Punkte des Nerven erzeugt worden ist. Das *Leitungsvermögen* der im gesunden Zustande schwach empfindenden Nerven ist also nicht nachweisbar von dem der übrigen verschieden. Die schwächere Empfindlichkeit muss also auf einem Unvermögen beruhen, stärkere Eindrücke — nicht etwa *fortzupflanzen* — sondern *aufzunehmen*. Die Fähigkeit der Aufnahme der Veränderung ist also von derjenigen der Leitung zu *unterscheiden*, erstere ist allein *nachweisbar* im hyperämischen Nerven erhöht.

Die hier gemachte Unterscheidung wird sich uns später auch für die motorischen Nerven aufdrängen, sie wird sich für die sensibeln Elemente des Rückenmarks dadurch auffallend bestätigen, dass wir hier Leitungsapparate finden werden, denen jede Aufnahmsfähigkeit gänzlich abgeht.

Wie die wenig sensibeln Nerven verhalten sich ihre peripherischen Ausbreitungen. Wir dürfen uns daher nicht wundern, dass Sehnen, Periost u. s. w. im entzündeten Zustande sehr heftig schmerzen können, dass manche Nierenkrankheiten und sogen. Magenkrämpfe, Koliken zu den peinigendsten Uebeln gehören, dass der Uterus vor der Geburt bei den „Wehen“ so sehr empfindlich wird u. s. w. Man muss sich indessen vor der Einseitigkeit hüten, jeden Schmerz in den angeführten Theilen oder in anderen mehr empfindlichen Organen als eine *Hyperästhesie* zu betrachten. Am wenigsten aber scheinen die sogen. reinen Neuralgien der Pathologie diesen Namen zu verdienen, da gerade sie am leichtesten durch eine freilich noch nicht empirisch nachgewiesene Anschwellung der die Nerven begleitenden Venen erklärt werden können, wie dies *Henle* (rationelle Pathologie Tom. II. b. pag. 137) sehr schön auseinandergesetzt hat. Hyperästhesie ist überhaupt niemals eine schmerzerregende

Ursache, wo sie aber besteht, wie z. B. im entzündeten Nerven, kann sie die Veranlassung sein, dass ein zufällig von aussen hinzutretender Gefühlsreiz stärker als normal empfunden wird.

Muskelgefühl. Wir haben den Muskeln nach physiologischen Versuchen jede Spur von Gefühl abgesprochen; aber nach der Meinung der meisten Schriftsteller kommt den Muskeln ein eigenes *specifisches* Wahrnehmungsvermögen zu, durch welches wir von dem Grade und der Kraft ihrer Zusammenziehung in Kenntniss gesetzt werden, so dass sie, obgleich unfähig auf mechanischem, chemischem Wege u. s. w. zur Empfindung angeregt zu werden, ihre eigenen Zustände wahrnehmen können. Die Thatsachen, auf welche sich diese Hypothese stützt, sind aber durchaus nicht beweisend, und die meisten derselben zeigen, dass man Gefühle in den häutigen Bedeckungen oder in den neben den Muskelfasern vorbeistreichenden Nervenstämmchen für wahre Muskelgefühle genommen hat, wie dies auch schon von *Spiess* (Physiol. d. Nervensyst. pag. 76) nachgewiesen worden ist. Diese Hautgefühle können entstehen, entweder durch Faltenbildung in der Nähe der Gelenke, oder durch den Druck, welchen die bei starker Contraction anschwellenden Muskelbäuche auf die Haut ausüben, oder durch Dehnung der Haut.

Die Faltenbildung und Dehnung ist es, welche uns über die Lage unserer Glieder belehrt, wenn nicht das Gefühl der bei jeder Lage wechselnden, durch die äussere Umgebung berührten, Hautstellen hierzu ausreichend ist. Hat aber eine bestimmte Lage sehr lange gleichförmig angehalten, so dass Falten und Dehnungen gleichmässigen Bestand gewinnen und nicht mehr gefühlt werden, so ist es die *Veränderung* dieser Zustände durch die geringste Bewegung, welche uns sogleich orientirt. Den Grad der Muskelzusammenziehung empfinden wir, wenn nicht Nervenstämme comprimirt werden, durch den Druck des Muskelbauches auf seine Umgebung. So scheint es mir immer, wenn ich beide Zahnreihen so kräftig wie möglich aneinander presse, dass ich die starke Spannung im Masseter, also im contrahirten Muskel selbst fühle. Sobald ich aber durch Ziehen am Backenbart die Haut vom Muskel abhebe, oder neben ihm verschiebe, so fühle ich trotz der stärksten Anstrengung des letzteren gar nichts mehr, als Druck auf den Zähnen.

Wenn die Stellung des Augapfels empfunden werden muss, um die Entfernung eines Gegenstandes durch das Gesicht zu beurtheilen, so ist damit nicht bewiesen, dass wir die Contraction der Augenmuskeln fühlen, denn die ganze Umhüllung des Bulbus ausser den Augenmuskeln ist reich an empfindenden Nerven, die jede Lage und Veränderung zum Bewusstsein bringen.

Dauernde Muskelzusammenziehungen erzeugen das Gefühl der Ermüdung, welches aber an sich selbst sehr verschieden, in mannichfaltigen Nebenverhältnissen eine viel genügendere Erklärung findet, als die Annahme eines Muskelgefühles gewähren kann. Vergl. hierüber *Spiess* l. c. pag. 79. Wenn *Weber* bei gerader Ausstreckung des Armes, also bei nicht übermässiger Anstrengung der Muskeln, schon nach einer Viertelstunde ein unangenehmes schmerzhaftes Gefühl im Arme empfand, das auch trotz der späteren völligen Ruhe sich noch sehr nachhaltig zeigte und jede Bewegung schmerzhaft machte, so scheint dies nicht durch die Thätigkeit und consecutive Veränderung der *Muskeln*, sondern durch eine Beeinträchtigung der *Circulation* in der anhaltend gezwungenen Lage bewirkt. Ich wenigstens habe dieselben Empfindungen wie *Weber*, wenn mein Arm gerade ausgestreckt, aber dabei vollkommen unterstützt war, so dass die Muskeln nicht angestrengt wurden.

Es ist mehrfach behauptet worden, dass der Muskelsinn so fein sei, dass wir die Grösse der Spannung, die wir den Muskeln ertheilen, genau während ihres Entstehens fühlen, und dass wir durch dieses Bewusstsein der Anstrengung im Stande seien, die Stimmbänder nur bis zur Erzeugung eines gewissen Tones und nicht weiter zu spannen; dass wir die Kraft abzuschätzen wüssten, die zu einem Sprunge von einer bestimmten Länge nöthig sei. Dieses Gefühl kann allerdings nicht in auf die Umgebung ausgeübten *Folgen* der Muskelcontraction begründet sein, denn es besteht schon, ehe diese hervortreten, es ist aber auch nicht Gefühl der Veränderung des Muskels selbst, denn es geht auch dem Anfange der Zusammenziehung *vorher*. Um das Bewusstsein der Kraftschätzung mit dem Muskelgefühl in Verbindung zu bringen, stellt man sich wahrscheinlich vor, man contrahire die Muskeln mit einer gewissen Stärke, die man steigere, so lange sie als ungenügend gefühlt werde, bis man zum richtigen Maasse gelange.

Wenn ein Mensch über einen breiten Bach springen will, so wird er bei einem gewissen Maass der Zusammenziehung der Muskeln vom Ufer geschnellt, ist die Kraft zu klein, um hinüber zu gelangen, so wird er dies erst gewahr werden, wenn alle Verstärkung zu spät kommt. Und nichtsdestoweniger gibt es viele Menschen, welche die Grösse ihres Sprunges ganz genau abmessen können, und viele Raubthiere können sich im Satze auf ihre Beute stürzen.

Was uns hier zum Bewusstsein kommt und uns durch Sinnestäuschung (excentrische Hallucination) ein Muskelgefühl vorspiegelt, ist der durch frühere Erfahrungen geleitete und in der Entstehung begriffene Entschluss unseren Muskeln einen gewissen Grad von Spannung zu ertheilen. Sobald der Entschluss, der Antrieb ganz ausgebildet ist, müssen ihm die Muskeln folgen und sind unserem „Willen“ entzogen. Sie führen dann einen *vorausbestimmten* Grad der Bewegung aus, der während des Actes nicht mehr verstärkt werden kann. Jeder Entomolog und jede Amme weiss, wie oft man fruchtlos nach einem Insecte hascht, das wir, fast ehe unsere Bewegung begann, schon weiter springen oder wegfliegen sahen, und dem wir mit den Augen, nicht mehr aber mit den bereits bestimmten Armmuskeln folgen konnten.

Die Kraft und die Schnelligkeit der auszuführenden Bewegung *besteht* also bereits in unserer Vorstellung, das Gefühl der äusseren Haut z. B. die Verschiebung derselben, beim Sprung der Druck auf die Fusssohlen, belehrt uns nebst den Sinnesorganen über ihr wirkliches Zustandekommen. Indem wir die Zeitdauer in unserer Vorstellung mit der Zeit vergleichen, welche die wirklich ausgeführte Bewegung erfordert, gelangen wir zu dem Begriff, und nach mehreren derartigen Versuchen sogar zu der *Schätzung* gewisser Hindernisse, die unserer freien Bewegung entgegentreten. Auf diese Weise erklärt sich der scharfsinnigste Versuch, den *Weber* gemacht hat, um die Existenz eines Muskelgefühls zu beweisen. *Weber* hat nämlich gefunden, dass wenn Gewichte nur durch *Druck* auf die Hautnerven wirken, man höchstens ein Verhältniss von 29 zu 30 unterscheiden kann. Er wollte nun untersuchen, ob das sogenannte Muskelgefühl *auch* fähig sei, Gewichte zu unterscheiden, wenn man den Druck auf die Haut eliminirt habe. Um letzteres zu bewirken, liess er mit der Hand die vereinigten Zipfel eines zusammengeschlagenen Tuches, welches ein Gewicht enthielt, fassen, so dass das Tuch keinen Druck auf die Hand übte, sondern nur durch *Reibung* festgehalten wurde, und zwar *viel fester*, als nöthig war, um dasselbe zu heben. Auf diese Weise kann man nicht einmal aus dem Drucke, den

die Hand ausüben muss, damit das Tuch nicht herausgleite, einen Schluss auf die Grösse des Gewichtes machen. Das Tuch wurde nun in die Höhe gehoben, und unmittelbar darauf ein anderes mit einem anderen Gewichte ebenso gehoben. Von 10 Personen waren nur zwei, die das schwerere Gewicht nicht erkannten. Zwei Gewichte, die man auf diese Art unterscheiden kann, verhalten sich wie 39 zu 40. Die Schätzung ist also hier viel feiner, als bei blossem Drucke. Jeder der auf sich acht zu geben gewohnt ist, wird aber erkennen, dass er bei diesem Versuche *vor* aller Bewegung sich genau *bewusst* ist, wie *hoch* er die Hand heben wird und welchen Grad von Kraft er den Muskeln zuströmen lassen will. Daraus dass uns das Hautgefühl belehrt, dass die mit bestimmter Grösse und gleicher Schnelligkeit auszuführende Bewegung das eine Mal rascher, das andere Mal langsamer *wirklich* zu Stande gekommen ist, schliessen wir das erste Mal auf ein geringeres, das zweite Mal auf ein grösseres Hinderniss.

Dass bei Rheumatismus und anderen Krankheiten *Schmerzen* in den Muskeln vorkommen, ist oft behauptet worden, aber viele Forscher haben hervorgehoben, dass der Sitz dieser Empfindungen noch keineswegs bestimmt sei, und dass es viel wahrscheinlicher sei, dass sie in den mit Nerven versehenen zellengewebigen *Umhüllungen* der Muskeln ihren Sitz haben, die auch im normalen Zustande schwach empfindlich sind, oder in den neben den Muskeln vorbeilaufenden irritirten Hautnervenstämmen.

Man hat auch in der Haut selbst die Ursache dieser Gefühle gesucht. Ich habe mich beim Torticollis überzeugt, dass man die Haut über dem Muskel verschieben kann, ohne jene eigenthümliche schwach schmerzende Empfindung zu erzeugen, die dann sogleich hervortritt, wenn man während der Verschiebung der Haut den Kopf bewegt.

Aber auch in unwillkürlichen Muskeln der Eingeweide soll man in manchen Zuständen krankhafte Bewegungen fühlen, während hier ein Druck auf benachbarte sensible Nervenstämmchen nicht anzunehmen ist. Die hier angeführten Erscheinungen sind sehr complicirter Art. So wird behauptet, man fühle vor dem Erbrechen die Magenbewegungen als Ekelgefühl. Was man hier empfindet, sind die Wirkungen der Bauchmuskelcontractionen auf die Haut und das unwillkürliche Aufsteigen und Schliessen des Larynx in Folge der Bewegungen des Schlundes. Später werden diese Gefühle noch vermehrt durch bis in die Geschmacksregion vorläufig hinaufgelangte schmeckbare Stoffe. Alle diese Verhältnisse lassen sich willkürlich herbeiführen, und so kann man sich stets ein vollkommenes Ekelgefühl verschaffen, obgleich die Bewegungen des Magens dem Willen nicht unterworfen sind. Das eigenthümliche Gefühl beim Durchfall gehört ebensowenig hierher, denn es stimmt mit der Empfindung der Borborygmen überein, oder ist mit ihm identisch und rührt von der Friction auf der durch Hyperämie empfindlicher gewordenen Darmschleimhaut her. Dass der Hunger nicht das Gefühl der Contraction des Magens sei, wie man unbegreiflicher Weise noch in neuester Zeit vermuthet hat, ist am geeigneten Orte zu zeigen.

Man hat auch behauptet, es sei das Muskelgefühl, durch welches wir uns im Stehen und bei verschiedenen Bewegungen im Gleichgewicht halten und welches über die zweckmässige Ausführung unserer Bewegungen wache. Aber es ist eine leicht und oft zu beobachtende Thatsache, dass Kranke, welche durch Druck auf die hinteren Nervenwurzeln oder durch Degeneration derselben an vollkommener oder theilweiser Anästhesie der Haut leiden, die Füsse zwar noch willkürlich bewegen können, aber von der wirklichen Ausführung, dem Maasse und der

Zwekmässigkeit ihrer Bewegungen durch das Gefühl auf keine Weise mehr benachrichtigt werden, so dass sie dieselben durch das *Gesicht* beherrschen müssen. Sie können daher am Tage mit offenen Augen gehen, weil sie die Füsse betrachten, sie fallen aber im Dunkeln, wenn ihre Augen verbunden werden oder wenn ihre Aufmerksamkeit abgezogen wird. Ich sah einen solchen Kranken mit theilweiser Anästhesie der Füsse, der, wenn er im Gehen sich unterhielt, seinen Stock nicht auf den Boden, sondern auf den Fussrücken setzte, um ihn als Sonde für die Bewegungen des Fusses zu gebrauchen.

Analoge Unzweckmässigkeiten in der Bewegung sahen wir nach Durchschneidung der hinteren Nervenwurzeln am Rückenmark.

Wenn nach Erkrankung der hinteren Nervenwurzeln oder der Spinalganglien alles, was man Muskelgefühl nennt, gleichzeitig mit dem Hautgefühl schwindet, so bleibt, wenn man eine Art der Sensibilität der Muskeln noch behaupten wollte, nichts übrig, als die dieselbe vermittelnden Nerven aus den *hinteren* Wurzeln entspringen zu lassen. (Im Gegensatz zu der von einigen Theoretikern vertheidigten Ansicht). Nun habe ich aber gezeigt, dass von den hinteren Wurzeln durchaus keine Nerven in das Innere der Muskeln eingehen. Denn hat man das Rückenmark und die Nervenwurzelanfänge bei einem Thiere in der Lendenanschwellung zerstört, so dass nur die motorischen, nicht die sensibeln Nerven entarten (siehe oben „vegetative Verhältnisse“ pag. 118), so trifft man in allen Muskeln der hinteren Extremität *ausschliesslich* entartete, oft ganz geschwundene Nervenfasern. *Ein eigenes Muskelgefühl kann also nicht mehr behauptet werden.*

Das Gefühl der Localität hängt durchaus nicht von den peripherischen Nerven, sondern allein von den Centraltheilen ab, es muss aber hier besprochen werden wegen seiner Beziehungen zu den Functionen der Gefühlsnerven. Ein gereizter Gefühlsnerv wird uns über den Ort der empfindungserregenden Ursache an und für sich gar keine Auskunft geben. Er gibt uns zunächst nur eine Empfindung, diese wird aber auf unser Bewusstsein einen anderen Eindruck machen, wenn sie von einem Nerven der Zehen, als wenn sie von einem Nerven der Finger kommt und alle Arten der Affectionen dieser verschiedenen Nerven, seien sie heftig oder schwach, angenehm oder unangenehm, werden immer den hier angedeuteten und nicht weiter zu definirenden Grundcharacter ihrer Verschiedenheit bewahren. So weit ist die Sache positiv und unzweifelhaft. Sicher ist auch, dass der in der ersten Entwicklung etwas vorgerückte Mensch durch diesen Grundcharacter der Empfindung in der Regel richtig auf den Ort ihrer Entstehung zu schliessen im Stande ist. Wie aber durch jene Eigenthümlichkeit des Gefühles dieser Schluss vermittelt wird, ist unbekannt und wir bauen uns über diese Kluft am natürlichsten eine Brücke durch folgende Hypothese.

Das Kind bemerkt, nicht durch die Empfindung selbst, sondern durch seine anderen Sinne, dass Gefühle von einem bestimmten Character stets von der Einwirkung (oder Berührung) fremder Gegenstände an einem bestimmten Orte seines ihm als Object erscheinenden Körpers begleitet sind. Bei gleichem Character des Gefühls sind die fremden Gegenstände wechselnd, der Ort der Berührung aber derselbe, und so associirt sich nach und nach zu einem auf diese Weise characterisirten Gefühle die Vorstellung des Ortes ganz ebenso, wie die Vorstellung eines Hundes mit der Lautempfindung des Bellens. Je jünger der Mensch ist, je impressionabler sein Gehirn, um so inniger und unzertrennlicher verbinden sich die einmal angeregten Associationen, und die Eindrücke der Kindheit sind so mächtig,

dass die Wahrnehmungen der Sinne, die jene Associationen schufen, später selbst nur mit Misstrauen aufgenommen werden, wenn sie ihnen einmal widersprechen.

Da aber die äusseren Eindrücke natürlich fast nur auf die Haut oder die Endverbreitung der Nerven wirken, so werden wir alle Empfindungen auf bestimmte Stellen der *Peripherie* unseres Körpers beziehen. Wenn nun ein sensibler Nerv später einmal zufällig höher oben an seinem *Stamme* oder an seiner *Wurzel* angeregt wird, so werden wir, da der Eindruck auf die Centra seinen localen Character behält, mit der grössten Bestimmtheit den Sitz der Empfindung in der *Körperperipherie* suchen. Druck auf einen der Armnerven in der Gegend des Ellenbogens oder am Oberarm, wird zwar durch die empfindenden Nerven der Haut, des Unterhautzellgewebes und vielleicht auch der Nervenscheiden an seiner richtigen Stelle empfunden, dies erscheint aber unwesentlich gegen das Gefühl, welches wir in allen peripherischen Theilen zu haben glauben, in denen sich der *Nerv* verbreitet, z. B. im kleinen Finger und der inneren Seite der Hand bei Druck auf den *N. ulnaris*. So erklärt sich auch das Gefühl des Eingeschlafenseins im Fusse bei Druck auf den Nervenstamm am Schenkel.

In diesen Versuchen wirkt ein *äusserer* Druck, dessen gesonderte Wahrnehmung uns noch auf die richtige Spur der schmerzenden Ursache führen kann. Wo aber Krankheiten im *Inneren* des Nervenstammes selbst bestehen, die nur dessen feinste Elemente comprimiren, hat oft weder der Kranke noch der Arzt die geringste Idee vom wahren Sitze des Leidens, alle Schmerzen sind *excentrisch* und es ist sehr wichtig, bei schmerzhaften Leiden sich stets dieser Quelle des Irrthums bewusst zu sein.

Es ist vorgekommen, dass ein Kranker so starke fast anhaltende Schmerzen im Fusse hatte, dass er zuletzt nur in der Amputation des Oberschenkels sein Heil zu finden glaubte, welche auch ausgeführt wurde. Aber die Schmerzen bestanden bald wie zuvor, so dass man den Stumpf noch einmal höher absetzte, später den Hüftnerven durchschnitt und endlich, als dies alles umsonst war, das Hüftgelenk exarticulirte. So hartnäckig heuchelte der central gelegene Schmerz ein excentrisches Leiden. (Vergl. *Mayo* specielle Pathologie 1838 p. 110.) Vergl. zwei ähnliche Missgriffe bei *Brodie*, örtliche Nervenleiden. Marburg 1838 p. 60.

Die verschiedenen Primitivfaserbündel, welche von der Haut zum Nervenstamme treten, vermischen sich nicht sogleich mit seinen übrigen Elementen, sondern bleiben noch eine grössere oder eine geringere Strecke weit gesondert, und scheinen hier gewöhnlich so zu liegen, dass sie, je höher sie eintreten, um so weiter nach Aussen sich befinden. Wirkt nun ein Druck auf den Nerven, so werden die äusseren Bündel etwas früher afficirt als die inneren. Der Schmerz scheint daher in den Verbreitungsgebieten der Hautäste von oben nach unten zu schiessen, und da diese Verbreitungsgebiete dem Laufe des Nerven entsprechen, so ist die Schilderung vieler Kranken auch so gedeutet worden, dass der Schmerz oft dem *Nervenstamme selbst* entlang bis in dessen letzte Enden schiesse. Bei Nerven, die nur an einzelnen Stellen empfindliche Aeste abgeben, scheint darum der Schmerz auch von einem dieser Punkte zum anderen zu springen. Man sieht, dass hier kein eigentlicher Widerspruch gegen die oben erörterte Auffassung stattfindet. Möglicherweise findet bei einzelnen Nerven eine andere Anordnung statt, so dass der Schmerz von der Peripherie nach dem Centrum schiesst. Vergleiche dagegen *Henle*, rationelle Pathologie II. Abth. II. pag. 143. *Kilian* in *Henle & Pfeuffer* erste Serie VI. pag. 24.

War der Druck auf einen Nervenstamm *hinreichend stark*, so wird während seiner Dauer das Gefühl in den peripherischen Organen abgestumpft sein. Wenn man nun die Compression schnell aufhebt, so wird die Veränderung in der entgegengesetzten Richtung zwar im ganzen Durchmesser des Stammes nur successiv und *allmählich* vor sich gehen, jede einzelne Primitivfaser für sich wird aber, bei ihrer geringen Dimension, sehr *rasch* in ihren früheren normalen Zustand zurückgeführt. Wir fühlen darum, wie es scheint, die Gebiete der einzelnen Fasern in schnellerer oder langsamerer Folge hinter einander gleichsam *aufblitzen*. Dies erklärt die Hautgefühle nach dem „Einschlafen" der Glieder. Sobald der Druck aufgehoben ist z. B. nach dem Aufstehen, wenn der *Ischiadicus* beim Sitzen gedrückt war, fühlen wir das bekannte „*Ameisenkriechen*" in den Füssen. Eine genaue Beobachtung hat mich belehrt, dass, wenigstens bei mir, jeder einzelne Punkt der Haut an den Fingern nur *ein* Mal das Prickeln empfindet. Es versteht sich von selbst, dass bei schwächerem Druck auch dieselben Gefühle beim Anfang des „Einschlafens" auftreten können, und dass sie bei unvollkommenem Einschlafen die vorherrschende Erscheinung ausmachen. Jede Berührung vermehrt die prickelnde Empfindung und kann sie wieder hervorrufen, wo sie schon bei *zunehmendem* Druck aufgehört hat. Vergl. *Weber* l. c. pag. 503. Ich theile *Weber's* Vermuthung, dass dies daher kommt, dass die durch Berührung entstehende Bewegung dazu beitragen kann, gedrückt gewesene Fäden wieder mehr zu befreien. Aber auch *nach* dem Aufhören des Druckes wird das noch bestehende Prickeln durch Berührung der Haut vermehrt, wahrscheinlich weil das Gefühl des Wiederöffnens der Nerven um so lebhafter wird, wenn diese, sobald die peripherische Empfindlichkeit wieder beginnt, auch eine objective peripherische Erregung vorfinden. Darum wird es uns schmerzhaft, mit einem aus dem Eingeschlafensein erwachenden Fuss aufzutreten. Ob die Bewegung aber auch dadurch das Gefühl lebhafter macht, dass sie das Erwachen jeder eizelnen Nervenfaser beschleunigt, ist noch nicht untersucht.

Man hat die in diesem Abschnitt behandelten Erscheinungen auch durch die Phrase ausgedrückt, dass jede sensible Nervenfaser ihre Erregungen an die Peripherie des Körpers versetze. Ein *Begriff* wird hierdurch nicht gegeben, und noch weniger sagt man hier über eine Eigenthümlichkeit in der Nervenfaser (resp. in den Centren) etwas bestimmtes aus. Dass von keiner derartigen *Thätigkeit* der Nervenfaser die Rede sein kann, wie einige Schriftsteller annehmen, geht daraus hervor, dass die Thätigkeit auf das *Gebiet* der Faser selbst, wenn auch auf das am meisten peripherische, beschränkt bleiben müsste. Wenn wir nun bei Affectionen der Hautnerven, der Natur der Sache nach den Eingriff auf der Haut vermuthen, so setzt Druck auf den N. opticus das entstehende Lichtbild dahin, wo wir gewöhnlich Gesichtseindrücke wahrnehmen, nämlich in eine Ebene *vor* dem Körper und *ausserhalb* desselben. *Ueber* die Gränzen der Retina nach aussen kann doch aber der Opticus nicht *thätig* sein.

Integritätsgefühle der Amputirten. Wird unsere Haut nicht durch einen fremden Körper erregt, so haben wir gewöhnlich gar kein Bewusstsein über die Existenz und die Gränzen unserer Glieder, nur innere Erregungen der Nerven oder der Centren kann dann dasselbe erwecken. Unser Ich setzt sich also, in jedem Momente anders, aus gerade so vielen Punkten zusammen, wie subjectiv oder objectiv angeregt sind.

Ist ein Glied amputirt worden, so wird es uns demnach im unerregten Zustande nicht mangeln, werden aber die Nerven im Stumpfe auf irgend

eine Weise gereizt, so verbindet sich mit dem entstehenden Gefühle dauernd die Ortsvorstellung, die sich ihm einmal in der frühesten Jugend associirt hat. Ein am Oberarm Amputirter wird demnach bei theilweiser Reizung der Narbe Gefühle in der nicht mehr vorhandenen Hand, in den Fingern selbst *wider sein besseres Wissen* zu haben glauben. Jede Bewegung, welche die der Narbe angewachsenen Nervenstämme verschiebt, ruft in ihm das Bewusstsein von Gliedern hervor, die er längst nicht mehr besitzt. Ein im zweiten Jahre am Schenkel Amputirter kann sich bis zu seinem Lebensende zeitweise über Schmerz in den Zehen beklagen. Er kann, wenn er seine Stelzen im Sitzen abgelegt hat, in andern Fällen so sehr vergessen, wie ihn seine subjectiven Vorstellungen betrügen, dass er schnell aufspringen will und fällt. Dieses Auftreten der Integritätsgefühle wird von *allen* Amputirten angegeben, die sich gehörig mittheilen können. Vergl. *Valentins* grössere Physiol. II. B. p. 713.

Die hier gegebene Auffassung müsste fallen, wenn es sicher wäre, dass die Integritätsgefühle wirklich auch bei solchen vorkommen, die verstümmelt geboren sind. Dies ist nach zwei nicht gerade überzeugenden Angaben behauptet worden, während andere Erfahrungen dem bestimmt entgegen stehen. Würde sich aber die Sache dennoch bewähren [1]), so wären wir zu der unerklärlichen Annahme genöthigt, jeder fühlende Theil des Centralorgans habe eine „*angeborene Idee*" von der ihm entsprechenden Körperprovinz. Vorläufig muss die Physiologie die angeborenen Ideen ganz verwerfen.

Aus dem Vorgetragenen geht von selbst hervor, wie ein sensibler Nerv durch *dieselbe* krankhafte Ursache, welche das objective Gefühl an gewissen Theilen ganz aufhebt, die Empfindung von scheinbar spontanen mehr oder weniger dauernden Schmerzen in diesen gefühllosen Theilen erwecken kann. Es ist dies die sogen. *Anaesthesia dolorosa.* Sie begleitet z. B. in der Regel den Brand und die Schrumpfung durch Gangraena senilis.

Die Verschiedenheit des Ortsgefühles in der Haut scheint mit den so eben abgehandelten Verhältnissen in naher Verbindung zu stehen, ihre nähere Besprechung gehört aber der Physiologie der Sinnesorgane. Darum folgen hier nur einige Andeutungen. Je mannigfaltiger die Berührungen sind, die wir absichtlich zwischen äusseren Gegenständen und gewissen Stellen unserer Haut hervorzurufen pflegen, ein um so klareres und detaillirteres Bild dieser Hautstellen besteht in unserer Vorstellung und um so mehr haben wir Gelegenheit uns darin zu üben, die Verschiedenheiten der Empfindung, welche die Berührung mehrerer nahe gelegener Punkte dieser Stellen begleiten, richtig zu unterscheiden und auf differente Localitäten zu beziehen. Von den in dieser Hinsicht weniger geübten Körpertheilen haben wir aber nur eine diffusere nicht detaillirte Vorstellung. Die Erregung einzelner sensibler Punkte derselben wird von uns weniger bestimmt localisirt, und nur *ungefähr* in diese oder jene Gegend der nur im Allgemeinen bekannten Provinz versetzt. Hiermit im Zusammenhang stehen wahrscheinlich zwei Beobachtungsreihen.

a) Die erste umfasst die merkwürdigen und bekannten Erfahrungen von *E. H. Weber*, die von *Valentin* im Detail bestätigt, von vielen Forschern seitdem mehr oder weniger vollständig wiederholt sind. Zwei

[1]) Vergl. Valentin l. c. pag. 716.

Spitzen eines Cirkels müssen, auf verschiedene Hautstellen aufgesetzt, sehr *verschieden* weit von einander entfernt werden, wenn sie noch deutlich als zwei empfunden werden sollen.

Am meisten im Tasten geübt ist bei allen Menschen die Zungenspitze, welche dazu benützt wird, die sehr kleinen Partikelchen der Nahrung, die zwischen den Zähnen stecken bleiben, zu entfernen. Sie gewöhnt sich daher bald, die engen Zwischenräume zu fühlen, und kleine Körper, die selbst unsere Finger nur selten afficiren, herauszufinden. Zwei Cirkelspitzen 0,4 pariser Linien von einander entfernt, werden von ihr noch getrennt empfunden, die Spitze des Zeigefingers bedarf dazu wenigstens einer um ein Viertheil grösseren Entfernung, die grosse Zehe braucht eine um das sechs- bis siebenfache und die Rückenhaut eine um das fünfzigfache vergrösserte Distanz, wenn nicht *zwei* aufgesetzte Spitzen nur als *eine einzige* empfunden werden sollen. Die Theorie dieser sonderbaren Erscheinung ist noch ganz unklar, wenn auch im Allgemeinen unsere obigen Erörterungen einen Anhaltspunct für dieselbe gewähren.

Lotze soll schon die Sache in seiner medicinischen Physiologie von einem ähnlichen Standpunkte aus aufgefasst haben, man vergleiche über das Nähere der hier zu besiegenden theoretischen Schwierigkeiten die schönen Arbeiten von *Meissner* (Anatomie und Physiologie der Haut pag. 39; und *Czermak* Moleschotts Untersuchungen Bd. I. pag. 183). Die älteren anatomischen Hypothesen, wonach an den verschiedenen Hautstellen die Verbreitungsgebiete der einzelnen sensibeln Primitivfasern verschieden gross sein sollen, und je zwei Eindrücke, die nicht wenigstens ein solches Verbreitungsgebiet zwischen sich fassen, nicht gesondert werden, sind aus verschiedenen Gründen nicht haltbar. Unter Anderen auch deshalb nicht, weil Uebung die Fusszehe in der angegebenen Beziehung so empfindlich machen kann, wie die Finger und weil Zustände der Centralorgane, welche die Empfindlichkeit abstumpfen, überall zur Sonderung des Eindruckes eine grössere Distanz nöthig machen. Die anatomische Theorie, welche prädisponirte Empfindungskreise von bestimmter Grösse voraussetzt, vermag diese und andere Verhältnisse kaum oder nur mit Hülfe neuer höchst gezwungener Hypothesen zu erklären. Das Nähere gehört nicht hierher.

b) Wenn wir einem Menschen die Augen zuhalten und ihn mit einer Nadel an einer wenig zum Tasten gebrauchten Stelle stechen, so wird er dann, wenn auch das Nachgefühl noch fortdauert, fast nie den getroffenen Ort richtig angeben können, gewöhnlich zeigt er um eine, oft bedeutende, Strecke zu hoch oder zu tief. Die Grösse des Irrthums ist beträchtlicher in der Längendimension der Glieder als der Quere nach (*Volkmann*). Es concentrirt sich also das Gefühl nicht auf einen Punct der Haut, sondern auf eine mehr oder weniger grosse Provinz derselben. Daher erklärt es sich, dass wir beim Jucken auf der Haut oft lange umsonst und stets vermeintlich an der rechten Stelle herumtappen, bis wir endlich den Punct finden, wo etwa das Haar einer Raupe sich eingestochen hat. Aus dieser Bemerkung können manche praktisch wichtige Regeln abgeleitet werden.

Verschiedene Empfindlichkeit im Verlaufe derselben Nervenfaser. Wir können mit Bestimmtheit nur sehr grosse Differenzen der Empfindlichkeit dadurch erkennen, dass bei nahezu gleicher Reizung ein Theil constant viel geringere Reflexbewegungen hervorruft als ein anderer. Dabei ist aber noch folgender Umstand in Betracht zu ziehen: *Weber* hat gezeigt, dass derselbe Grad von Schmerz, den wir an einer beschränkten Stelle noch ruhig ertragen können, unausstehlich wird, wenn er sich,

ohne stärker zu werden, nur über eine grössere Strecke des Körpers ausbreitet. Es ist kein Grund zu zweifeln, dass was für die Hautnerven in dieser Beziehung gilt, auch auf die andern sensibeln Nerven Anwendung finde. Es wird daher ein dickerer Nervenast bei *gleich grosser Empfänglichkeit* seiner Fasern für die Erregung und bei gleicher Reizung grössere Schmerzenszeichen (Reflexbewegung) hervorrufen, als ein dünnerer. Wir können daher nicht Nerven von zu ungleicher Dicke auf ihre Empfindlichkeit mit einander vergleichen.

Der Widerstand, der die äussere Hülle der Nervenbündel und Stränge unsern Reizmitteln entgegensetzt, ist je nach der Dichtigkeit dieser Hülle verschieden, so dass auch sie die Ursache sein kann, warum gleich erregbare Nerven die Reize verschieden beantworten. Wir dürfen daher nur mit Vorsicht Nervenstrecken mit einander vergleichen, bei denen die Hülle sehr verschieden ist.

Trotz dieser Schwierigkeiten hat sich *eine* hierher gehörige Thatsache als sicher herausgestellt. *Die Aeste der Gefühlsnerven, welche sich im Unterhautzellgewebe zu der Haut begeben, und ihre Endverbreitungen sind merklich erregbarer als die Nervenstämme.*

Volkmann hat zuerst bei Fröschen gefunden, dass man von diesen Aestchen, welche hier am Rumpfe sehr leicht frei zu präpariren sind, und von der Haut selbst, viel leichter Reflexbewegungen anregen kann, als von den Nervenstämmen. Dies ist seitdem vielfach bestätigt worden. Aber auch Schmerzenszeichen sind beim lebenden Thiere durch Reizung der genannten Theile viel leichter und viel *nachhaltiger* zu erlangen, als durch Reizung der Stämme. Dies Ergebniss ist hier nun um so augenfälliger, weil die oben angeführten Clauseln bei der Vergleichung verschiedener Nervenstrecken hier alle zum Nachtheil der Hautnerven ausfallen müssten, und dennoch zeigen sie sich empfindlicher gegen mechanische, chemische und mässige galvanische Reize. Die Hautnerven sind dünner und enthalten weniger Primitivfasern als die Stämme am Rumpfe, ihre Umhüllung in dem Unterhautzellgewebe ist nicht merklich von der der Stämme verschieden, aber im Inneren der Haut ist sie *dicker*. Die Untersuchung kann übrigens mit Erfolg nur am Rumpfe geschehen, wo die einzelnen Stämme ein relativ kleines Verbreitungsgebiet haben. Der Ischiadicus, der Cruralis der Säugethiere, der Brachialis der Frösche, die so sehr dick sind und welche die Gefühlsnerven einer ganzen Extremität umfassen, schmerzen bei Durchschneidung natürlich viel mehr als ein Hautnerv, der nur eine kleine Strecke der Bedeckung versorgt. Aus diesem Grunde ist uns auch bekanntlich ein Stoss auf den *N. ulnaris* so viel schmerzhafter, als ein gleicher Stoss auf der Hand oder am Finger. Denken wir uns aber das *ganze Hautgebiet* des Ulnaris von einem gleichen Stosse betroffen, so würde dies noch eine unbeschreiblich heftigere Empfindung erregen.

Die Verdünnung der Hüllen und die meist fächerförmige flache Ausbreitung der Nervenwurzeln zwischen Ganglien und Rückenmark macht die Primitivfasern hier den angewendeten Reizen viel *zugänglicher*, als im Stamme und kann sie daher hier viel erregbarer *erscheinen* lassen, ohne dass sie es wirklich zu *sein* brauchen. In der That nehmen bei Reizungen der Wurzeln die Reflexbewegungen zu, je mehr man sich dem Marke nähert, d. h. je dünner die Hüllen werden und je mehr die Nerven bei gleichbleibender Zahl der Primitivröhren sich in einzelne kleine Fascikel spalten, die jede einzelne Röhre dem Drucke der Pincette, oder dem galvanischen Strome mehr aussetzen. So kommt es, dass ganz nahe dem Rückenmark die Nervenwurzeln (bei Säugethieren, nicht so bei Fröschen) noch erregbarer erscheinen als in der Haut.

Wenn die *Spinalganglien* weniger erregbar scheinen, als die ihnen entsprechenden Nervenwurzeln, so darf auch davon der Grund nicht in einer wirklich geringeren Empfindlichkeit derselben gesucht werden, wie dies neuerdings

geschehen ist. Mechanische Reize begegnen am Ganglion zunächst einer stärkeren Hülle, ist aber der Widerstand der letzteren besiegt, so trifft der Reiz in ihnen die empfindlichen Elemente auf einem bedeutend grösseren Raum vertheilt, als in den Wurzeln, und zwischen die Ganglienkugeln und die weichen grauen Scheidenfortsätze wie in einen Brei eingebettet, der seine Wirkung schwächen muss. Galvanische Reize lassen sich für Wurzeln und Ganglien, wegen des viel grösseren Querschnittes der letzteren durchaus nicht auf vergleichbare Weise anwenden. Unter diesen Verhältnissen muss man sich wundern, dass sich die Ganglien der Spinalnerven, des Vagus, des Trigeminus gegen Reize noch so äusserst empfindlich erweisen. Die vor Kurzem aufgestellte Behauptung, dass alle oder viele Ganglien ästhesodisch seien, dass sie nicht empfänden, habe ich bereits in *Moleschott's* Untersuchungen Bd. II. pag. 56 widerlegt, und sie scheint jetzt von ihrem Urheber selbst zurückgezogen zu sein.

Einzelne Nerven bieten nun noch besondere hier zu betrachtende Verhältnisse. Nämlich die Aeste, welche vom Rückenmark zu den Ganglien des sogen. Sympathicus gehen, zeigen sich, wie oft bemerkt worden, gegen Quetschung bei weitem empfindlicher, als die Gesammtheit ihrer peripherischen Fortsetzungen, die aus dem Ganglion heraustreten. Hiergegen liesse sich einwenden, dass vielleicht nicht alle eintretenden Fasern wieder herauskommen, sondern einige im Ganglion selbst *enden* könnten, dies widerspricht aber den Daten der mikroscopischen Anatomie, da, so viel bis jetzt bekannt, allen eintretenden Nerven austretende entsprechen lässt, welche physiologisch als ihre Fortsetzungen und Ausläufer zu betrachten sind. Ein zweiter Einwurf, dass die Gangliennerven von vielen im Ganglion hinzukommenden, unempfindlichen Elementen begleitet werden, die sie vielleicht wie eine schützende Hülle umgeben, muss zurückgewiesen werden, weil dies die bei *vollständiger* Zerquetschung der Wurzelfäden einerseits und aller Ganglienfäden andererseits sich darbietenden grossen Differenzen der Empfindlichkeit nicht erklärt, die hier viel beträchtlicher sind, als etwa die zwischen Wurzel und Stamm der gewöhnlichen Gefühlsnerven.

Ich will nicht unterlassen zu bemerken, dass auch die hier hervorgehobene Differenz zwischen Stämmen und Hautnerven dafür spricht, dass bei den sensibeln Nerven die Leitungsfähigkeit und die Thätigkeit der Aufnahme der Eindrücke zu unterscheiden ist. Würde der Druck *als solcher* nur einfach zu den Centren geleitet, wie ein neuerer geistreicher Schriftsteller als unbestreitbar behauptet, so müsste in den Stämmen seine *Leitung* auf dieselben Hindernisse stossen, die hier seine Aufnahme erschweren, und wir bedürften einer ganz neuen, leicht zu erfindenden, aber schwer durchzuführenden Hypothese, um die grössere Empfindlichkeit der Hautnerven zu erklären.

Hautgefühl. Es ist eine Entdeckung *Webers*, die bei der Behandlung der Sinnesorgane specieller darzustellen ist, dass wir nur mit den Ausbreitungen der Nerven in der Haut das Gefühl der Temperatur und der Berührung eines äusseren Körpers in der bekannten Weise empfinden. „In der bekannten Weise“ sage ich, denn in der Physiologie des Rückenmarks soll gelegentlich der Analgesie bewiesen werden, dass auch die Stämme der Nerven, unabhängig vom Schmerz, für Berührung und höhere Temperatur überhaupt *empfindlich* sind. Bei Erkaltung eines *Nervenstammes* entsteht in dessen peripherischer Ausbreitung Schmerz, der auch, *selbst nicht im Anfange und vorübergehend*, nicht die geringste Aehnlichkeit mit der Empfindung der Kälte hat. Es ist daher die Ansicht zu verwerfen, dass der hier auftretende Schmerz derselbe sei, wie der, welcher entsteht, wenn eine sehr grosse, im Nerven virtuell vereinigte Hautfläche der Kälte ausgesetzt werde, weil sonst das auch noch so kurze Uebergangsstadium wirklichen Kältegefühls nicht fehlen dürfte. Dennoch kann aus diesen Erfahrungen noch nicht bestimmt geschlossen werden,

dass die *Enden* der Hautnerven eine *ganz specifische* Empfindlichkeit für Tast- und Temperatureindrücke besitzen, oder dass im Innern der Haut noch *besondere* Apparate zur Vermittlung dieser Empfindungen vorhanden seien, die ganze Haut ist vielmehr dieser Apparat. Das gewöhnliche, für uns charakteristisch gewordene, Gefühl von Wärme und Kälte setzt sich zusammen aus der Wirkung dieser Agentien auf die Nervenenden und dem ebenfalls und gleichzeitig von letzteren vermittelten Gefühl der durch die Temperatur nothwendig erfolgenden Veränderungen in der Haut. Wo einer dieser beiden Factoren fehlt, kann das *gewöhnliche* Gefühl nicht vorhanden sein, wir werden es durchaus nicht als *charakteristisch* wieder erkennen Kälte, die auf den *Stamm* eines Nerven direct wirkt, verursacht daher im ersten Momente ein völlig unbekanntes Gefühl und dann Schmerz. Membranen, die im Leben nie mit kalten Körpern in Berührung kommen, kennen natürlich nicht das Gefühl der Kälte, wenn man aber seine Aufmerksamkeit spannt, so kann man nach raschem Trinken von kaltem Wasser im Oesophagus und im Magen eine Empfindung durch Kälte wahrnehmen, die man sich üben kann, wiederzuerkennen.

Diese Auffassung, nach welcher eine uns durch Wiederholung bekannt werdende *Veränderung der Haut* in ihrer Einwirkung auf die Nervenenden die Hauptrolle bei der Temperaturempfindung spielt, wird unterstützt durch folgende von Weber ermittelte Thatsachen.

a) Wenn bei ausgedehnter Narbenbildung, z. B. nach Verbrennungen die Haut in ihrer Textur verändert ist, so wird, trotz der Erhaltung der kleinen Hautnervenstämme, Wärme und Kälte nicht mehr gehörig empfunden. Die narbige Haut dehnt sich nämlich ungleich und von der gesunden verschieden aus, setzt der Zusammenziehung durch Kälte vielleicht mehr Widerstand entgegen, und so, scheint es mir, kann das normale Gefühl nicht zu Stande kommen.

b) Die Vertheilung des „Temperatursinns" auf der Haut des Menschen richtet sich nicht nach dem Nervenreichthum der Organe, geht nicht parallel dem Orts- und Druckgefühl, sondern erreicht sein Maximum an in anderer Beziehung unempfindlicheren Hautstellen, die aber, wie mir scheint, vermöge grosser Geschmeidigkeit, Schlaffheit und Runzelung sich eher durch Unterschiede der Wärme contrahiren und expandiren. Die Gesichtshaut ist nach *Weber* gegen Temperaturschwankungen im Ganzen viel empfindlicher als die Hand. Im Gesichte sind am empfindlichsten die Augenlider, nach ihnen kommen die Wangen, die Lippen, die Zungenspitze und dann erst die gespannte Haut der Nase, die weniger fein fühlt als die Fingerspitzen, während diese von den Lippen noch überragt werden. Ich habe Personen getroffen, die mit der weichen runzeligen Haut am Olecranon die Temperatur eines Bades viel genauer als mit der Hand anzugeben vermochten, und bei mir ist die ebenfalls runzelige Dorsalfläche des Gelenkes zwischen Mittelhandknochen und erstem Fingerglied gegen Temperaturschwankungen mindestens ebenso empfindlich wie die Fingerspitze.

c) Schwerere Körper, die auf die Haut drücken, erscheinen uns *kälter* als leichtere von derselben Temperatur; dies scheint daher zu rühren, weil die Verdichtung der Haut durch Druck die Verdichtung durch Wärmeentziehung in ihrer Wirkung auf die Nerven unterstützt.

Ein Wärmesinn als eigene Entelechie hat darum keine Berechtigung.

Druck und Berührung wirken auf der Haut vermuthlich deshalb anders, als auf den Stämmchen der Nerven, weil einerseits durch die Bedeckungen die allzu grosse Empfindlichkeit des entblössten oder unmittel-

bar getroffenen Nerven gemildert ist, die zu leicht mit allzu raschen fast verschwindenden Abstufungen zu Schmerz führen würde (Henle). Andererseits, weil, nach aller Analogie zu schliessen, die Nervenröhrchen in der Haut in einer aufsteigenden, auf die Oberfläche der Haut im allgemeinen senkrechten Richtung gestellt sind. So sehen wir z. B. die feinen Nervchen in den Hautwärzchen und in den Zungenpapillen in *aufsteigenden* Schlingen verlaufen und es kann für uns als gleichgültig betrachtet werden, ob sie hier die *letzten* Enden vorstellen.

Ein Druck *auf die Haut* wird also eine mit der Axe der empfindenden Nervenröhren immer mehr oder weniger parallele Richtung haben. Ist es nun auffallend, dass er *ganz anders* als ein Druck auf den *Stamm* des Nerven empfunden wird, der diese Axe stets ungefähr im rechten Winkel schneidet?

Wir brauchen also keine mikroscopischen Tastorgane an den Nerven zu suchen und es sind auch bis jetzt noch keine gefunden worden.

Dass die Pacinischen Körperchen keine solche sind, ist jetzt mit Recht fast allgemein angenommen. Die „Tastkörperchen", welche *Meissner* entdeckte, und die von seinem Plagiator mit bekannter Emphase als thatsächliche Bewährung seiner theoretischen Ansichten in die Welt posaunt wurden, sind gewiss nicht ohne Bedeutung, aber ihre Function ist uns noch unbekannt. Zum Tasten dienen sie nicht, denn wir tasten mit Hautstellen, wo sich keine solche vorfinden, sie vermitteln auch nicht die Empfindung *äusserer* Objecte, wie behauptet worden ist, denn dies thut überhaupt kein Nerv als solcher. Uebrigens tasten die Eichhörnchen mit ihrer Hand und fühlen durch sie äussere Objecte, ohne Tastkörperchen zu besitzen. Es wäre interessant zu erfahren, ob sie bei Beutelthieren vorkommen.

Allerdings ist aber, wie pathologische Erfahrungen schon früher bewiesen haben, das Gefühl der Berührung unabhängig von der Empfindung und der Möglichkeit des Schmerzes. Die Trennung beider gehört aber nicht den Nerven an, sondern, wie später gezeigt werden soll, den *Centraltheilen.*

Reizung derselben Nervenfaser an verschiedenen Stellen. Man hat behauptet, dass eine und dieselbe Nervenfaser im Stande sei, zwei Eindrücke, die sie an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes oder (in der Retina) neben einander treffen als räumlich *gesondert* wahrzunehmen. Da aber, wie wir gesehen haben, die Nervenfaser selbst gar keine Empfindung von dem Orte hat, an dem sie gereizt wird, so wird sie auch zwei Eindrücke, von denen sie der eine centraler der andere peripherisch trifft, nie dem Raume nach von einander trennen, das Sensorium wird sie an denselben Ort verlegen, und sie, wenn es ihre Qualität gestattet, mit einander vermischen.

Die eben angeführte ist die Ansicht der meisten Beobachter. Die entgegengesetzte, die sich auf ungenaue Beurtheilung des räumlichen Unterscheidungsvermögens der feinsten Elemente der Netzhaut des Auges stützt, (*Wagner's* Handwörterbuch II.) findet sich widerlegt durch *Weber*, Tastsinn pag. 532, durch *Valentin,* Physiol. II. B. pag. 709, *Mayer,* Spinalirritation, Mainz, 1849, pag. 195, *Schiff,* Tübinger Archiv 1850 pag. 311. Die sogenannte Nachempfindung wird besser bei den Sinnesorganen besprochen.

II. DIE THÄTIGKEIT DER MOTORISCHEN NERVEN.

Ein angeregter und erregbarer motorischer Nerv, der noch mit seinem bewegungsfähigen Muskel in normaler Verbindung steht, versetzt diesen in *neuromuskuläre* Contraction.

Ungleiche Erregbarkeit verschiedener Nervenstrecken

a) Am lebendigen Nerven. Ist der Reiz nur von genügender Stärke, so fällt die Contraction für unsere Schätzungsmittel gleich stark aus, an welcher Stelle seines Verlaufes man auch den Nerven anspreche. Sei es an seiner Endverbreitung im Muskel selbst, an seinem Stamme oder an seiner Wurzel.

Ist der Reiz aber in hohem Grade abgeschwächt, so bemerkt man am Schenkelnerven unmittelbar zuvor enthaupteter Frösche, dass einige Stellen des Nerven schon zur Erzeugung von Zuckungen angeregt werden können, wenn andere Stellen noch gegen den Reiz nicht (sichtbar) reagiren und eines stärkeren bedürfen.

Kilian hat schon vor einer Reihe von Jahren (Henles Zeitschr. Bd. VI, pg. 24) beobachtet, dass diejenigen Stellen des Nerven, an denen er sich theilte, oder wo grössere Aeste abgingen, in dieser Beziehung bevorzugt waren.

Budge hat einige Jahre später hierüber Versuche an Winterfröschen gemacht, und fand, dass man eine um so stärkere Reizung anwenden müsse, damit Zuckung zu Stande komme, je entfernter vom Rückenmark und je näher dem Muskel man den Nerven reize. Im Inneren der Muskeln selbst seien die Aeste des Ischiadicus am wenigsten erregbar. (*Frorieps* Tagesberichte 1852, pg. 329). Diese geringere Erregbarkeit der intramuskulären Verzweigungen im Vergleich zum Nervenstamm hat auch neuerdings *J. Rosenthal* durch interessante Versuche, ebenfalls an Winterfröschen, auf exacterem Wege bewiesen (*Moleschotts* Untersuch. Bd. III. pg. 185, 1857). Vorher aber hat *Pflüger* an Fröschen im Winter ein Resultat erlangt, welches von dem *Budges* wenig verschieden ist. (Medic. Centralzeitung 1856, pg. 170). Er gibt zu, dass wenn der Reiz gegen die Wirbelsäule im Nerven heraufsteigt, die Zuckungen heftiger werden, scheint aber keine ganz *regelmässige* Zunahme derselben beobachtet zu haben, in dem Maasse, als er vom Muskel ab sich dem Nervenursprung näherte. Wenigstens spricht er sich nicht darüber aus, und begnügt sich zu sagen, die Zunahme stelle eine unbekannte Function der Nervenlänge zwischen der gereizten Stelle und dem Muskel dar. *Haidenhein* bestätigt die Angaben *Pflügers*, dessen Versuchen er beiwohnte.

So scheint denn die Sache durch die von einander unabhängige Angabe einer Reihe von Forschern bewährt, aber — nur für Winterfrösche.

Denn als *Budge* wenige Wochen nach seiner ersten Entdeckung zur Begattungszeit der Frösche im Frühjahr (*Frorieps* Tagesberichte, April 1852) seine Versuche wiederholen wollte, waren es nur Ausnahmen unter den Fröschen, welche es wieder gerade so zeigten. Es fand sich vielmehr jetzt (wo viel kleinere Stellen des Nerven mit einander verglichen wurden) dass der Ischiadicus des Frosches an *vielen* zerstreuten, durch minder erregbare Stellen von einander *getrennten* Punkten, eine stärkere Erregbarkeit darbot; die am meisten erregbare Stelle lag vor der Mitte des Verlaufs am Schenkel, gleich unter dem Abgang

eines starken Nervenzweigs. Diese Stelle reagirt bei schwächerer Anregung als die anderen reizbareren Punkte des Nerven.

Es ist bei solchen Vergleichungen darauf Rücksicht zu nehmen, dass sich einige Zeit nach dem Tode die Empfindlichkeit des Nerven für galvanische Ströme wie bereits oben bemerkt im Ganzen etwas steigert. Die Empfindlichkeit der von *Budge* hervorgehobenen reizbareren Stelle steigert sich dann aber proportional. Diese letzteren Angaben *Budges* stimmen mit denen von *Kilian*, der, so viel ich weiss, auch in der wärmeren Jahreszeit experimentirte, in einiger Beziehung überein.

Wie man sieht, erfordert aber die ganze Sache noch eine zu verschiedenen Jahreszeiten und an verschiedenen Batrachieen fortgesetzte Untersuchungsreihe, zu der ich leider noch nicht die Zeit gefunden.

b) Am absterbenden Nerven. Wenn die Circulation längere Zeit aufgehoben war, so zeigt sich — am frühesten bei Vögeln, später bei kleinen Säugethieren, noch später bei grösseren und bei Fischen, am spätesten bei Amphibien und Schildkröten — dass die mehr gegen das Centrum hin liegenden Theile des Nerven schon absterben, während die Stämme noch reizbar sind, diese sterben früher als die feinen Verzweigungen und diese viel eher als die Nervenenden in den Muskeln. Dies ist zuerst von *Valli* hervorgehoben worden.

Die Nerven der oberflächlich gelegenen Muskeln sterben früher als die der tieferen. Hingegen zeigen die Muskelnerven des Schenkels und des Oberarms, obgleich sie den Nervenwurzeln näher liegen, als die des Unterschenkels und des Vorderarms, nicht immer ein früheres Erlöschen ihrer Reizbarkeit. Der Verlust der letzteren schreitet also nicht in allen Nervenverzweigungen mit gleicher Geschwindigkeit vor, sondern geht in den längeren Bahnen entweder rascher, oder findet an irgend einer peripherischen Stelle der Muskelnerven eine *Hemmung* vor, die sich seiner Verbreitung eine Zeit lang entgegensetzt.

Zweifacher Vorgang in den motorischen Nerven.

Wie bei den sensibeln ist auch bei den motorischen Nerven zu unterscheiden zwischen dem Vorgang der Fortleitung des Reizes und demjenigen bei der Aufnahme desselben. Es wäre ein blosser Wortstreit, wollte man eine dieser Thätigkeiten oder beide als eine nur „passive“ Eigenschaft bezeichnen. Passivität ist nur ein relativer Begriff, und jede physiologische Thätigkeit wäre als passiv darzustellen, wenn man sie als nothwendige Folge einer äusseren Ursache betrachtet. Das Wesentliche an der Sache ist, dass eine dem Muskel näher gelegene Strecke (b) eines gereizten Nerven von der höheren dem Reize ausgesetzten (a) eine andere Einwirkung aufnimmt, als die welche der Reiz selbst auf die Strecke a unmittelbar ausübte, dass also durch die Eigenschaften des lebenden Nerven die mechanische Reizwirkung vor der Leitung in jenes „Andere“ umgewandelt werden muss. Diese Fähigkeit der Umwandlung hält aber nicht an allen Stellen gleichen Schritt mit der Leitungsfähigkeit, sonst könnten nicht im Nerven erregbarere Stellen vorhanden sein, von welchen aus sich die Erregung durch solche Stellen hindurch fortpflanzt, auf welche der Reiz, der sie erzeugte, direct nicht wirksam wäre.

Die Fähigkeit der Aufnahme des Reizes kann auch künstlich abgeschwächt oder nahezu vernichtet werden, *unbeschadet* der Leitungsfähigkeit. Dieses geschieht in den oben erwähnten Versuchen, bei denen

wir einen constanten galvanischen Strom von einer gewissen Stärke durch eine Stelle des Nerven leiten. Ist, wie in meinem Versuche am Hunde, der Strom *sehr* kräftig, so ist während seines Durchströmens in seiner Nähe die Fähigkeit des Nerven auf mässige Stromesschwankungen zu reagiren ganz *verloren*, während dieselbe Stromesschwankung von einer noch *weiter* vom Muskel gelegenen Stelle aus Bewegung des letzteren zu Stande bringt, deren Antrieb durch die vom constanten Strom unempfänglich gemachte Strecke *hindurch* geleitet worden sein muss. Ist, wie in *Pflügers* Versuchen, der constante Strom sehr schwach, so kann er unter Umständen die Empfänglichkeit des Nerven *local* erhöhen, und es erhellt bei kurzer Ueberlegung, dass wir das hier erlangte Resultat nicht mit vermehrter Leitungsfähigkeit identificiren dürfen.

Nicht nur quantitativ kann an verschiedenen Stellen desselben Nerven die Erregbarkeit bei gleicher (oder nicht nachweisbar veränderter) Leitungsfähigkeit verschieden ausfallen, sondern auch qualitativ. Diese Beobachtungen sind ebenfalls nur nach dem Tode des Thieres gemacht worden. Die bei Besprechung der electrischen Reize erwähnte Verschiedenheit, die sich zwischen den Wurzeln und dem Stamme eines motorischen Nerven herstellt, ferner die verschiedene Empfänglichkeit der einzelnen Strecken des Nerven *nach* der Durchleitung eines constanten Stromes gehören hierher. In neuerer Zeit habe ich noch einige Male eine ähnliche Differenz *während der Dauer* des „hemmenden" constanten Stromes gesehen. Ging ich, während ich beim todten Thiere eine dem Muskel nahe gelegene Nervenstrecke demselben absteigend aussetzte, mit einer schwächeren Kette immer mehr gegen das Becken herauf, so war in der nächsten Nachbarschaft des positiven Poles der „hemmenden" Kette die Wirkung stets Null, dann kam eine Strecke, wo die Oeffnungszuckung des reizenden absteigenden Stromes die vorherrschende oder allein vorhandene war und näher gegen das Becken (also immer noch sehr entfernt von den Nervenwurzeln) herrschte die Schliessungszuckung vor. Nach Wegnahme der constanten Kette wurde wieder alles normal.

Die Beziehung der „*hemmenden*" für die so angewendete constante Kette ist also nur zu rechtfertigen in Bezug auf das zu erlangende Resultat, nicht aber auf die Nervenleitung.

Schwache Erregung der Muskelnerven.

Reizt man einen Ischiadicus oder den Brachialis des Frosches mit mässig starken galvanischen Strömen eines Inductionsapparates, so bewegen sich alle von ihm versorgten Muskeln rasch und sehr stark. Eine weiter getriebene verstärkte Reizung hat dann keine Vermehrung des mechanischen Effectes zur Folge.

Schwächt man aber den Strom immer mehr ab, so sieht man zuerst dass die Zusammenziehungen aller Muskeln *langsamer* als vorher erfolgen, dass sie aber noch ihr früheres Maximum der Verkürzung erreichen. — Wenn ihnen nämlich Zeit gelassen wurde, den Einfluss der Ermüdung abzugleichen. — Vermindert man die Stromeskraft immer mehr, so nimmt endlich das *Maass* der Zusammenziehung ab, die immer langsamer erfolgt.

Eine noch weiter fortgesetzte Schwächung endlich lässt die meisten Muskeln unbewegt und nur wenige einzelne derselben, gewöhnlich Muskeln der Finger ziehen sich noch zusammen.

Es ist schwer zu sagen, warum in diesem Falle, wo doch der ganze Nerv — also alle Muskelnerven — von dem sehr geschwächten Reize getroffen werden, nur so wenige Muskeln noch antworten. Man könnte die Nerven dieser Muskeln reizbarer nennen, aber man sieht ein, dass uns hierdurch nicht im Geringsten eine bestimmte Vorstellung gegeben ist. Soll man etwa vermuthen, die Länge der Nervenstrecke, welche die Erregung zu durchlaufen hat, sei hier von Einfluss, weil die hier noch in Thätigkeit tretenden Nerven von der Reizungsstelle bis zum Muskel einen grösseren Weg als alle anderen zu durchlaufen haben? Dem widerspricht die Erfahrung von *Helmholtz*, dass die von einem Muskel bei näherer und entfernterer Reizung gezeichneten Curven fast ganz congruent sind, dass sich also der Muskel bei der letzteren nicht stärker zusammenzog. Freilich gelten diese Versuche *Helmholtz* nur für das Maximum der von einer Nervenstelle zu erreichenden Wirkung.

Bei Verminderung des Reizes (wenigstens des galvanischen, andere habe ich in dieser Beziehung nicht untersucht) wird die *schwache* Zuckung stets zu einer *langsamen*. In besonderen Fällen kann man aber schwache Verkürzungen von geringem mechanischem Effect beobachten, welche noch sehr rasch vor sich gehen. Man sieht dies z. B. längere Zeit nach dem Tode, wenn die Muskeln der Luft ausgesetzt waren und theilweise vertrocknet sind, während der Nerv geschützt war. Oder wenn der Nerv längere Zeit frei präparirt war und im Absterben begriffen ist. Eine genauere Beobachtung zeigt, dass sich hier immer nur einzelne Bündel der Muskeln durch die Reizung verkürzen, während die anderen unbewegt bleiben. Diese letzteren setzen nun der vollkommenen Verkürzung der noch reizbaren Bündel durch ihre Steifigkeit einen mechanischen Widerstand entgegen, der sie sehr bald aufhält. Bis zu diesem Momente aber erfolgt die Verkürzung ohne wesentliche Verzögerung. Vom Nerven aus kann, wie es scheint, dasselbe bewirkt werden, wenn einige Primitivfasern eines Muskels noch erregbar, die Mehrzahl aber schon abgestorben sind. In allen diesen Fällen muss man, um den angegebenen Effect zu erzielen, das Maximum der noch wirksamen Reizung anwenden.

Schnelligkeit der Leitung in den motorischen Nerven.

Das was wir hierüber wissen, ist bereits oben im allgemeinen Theile erörtert worden. Hier haben wir nur noch die Frage zu beantworten, ob es motorische Nerven gebe, bei denen die Fortleitung der Erregung so sehr verzögert werde, dass man oft mehrere Secunden, ja bis zu einer halben Minute, warten müsse, ehe die durch die Reizung des Nerven hervorgerufene Bewegung eintrete.

Man hat dies von den Nerven der Baucheingeweide behauptet, die fast sämmtlich durch die Bauchknoten des sogenannten Sympathicus oder durch den Vagus verlaufen. Einige Schriftsteller haben darum auch den „sympathischen" Nerven im Allgemeinen eine sehr langsame Leitung zugeschrieben. Da es sich hier um Zeiträume handelt, welche ohne besondere messende Vorrichtung durch die unmittelbare sinnliche Wahrnehmung sehr leicht zu erkennen sind und erkannt worden sein sollen, so ist es nicht schwer, diese Beobachtungen zu controliren. Dennoch aber ist Folgendes im Auge zu halten.

Die Bewegungen der Muskeln, die hier in Betracht kommen, schreiten sämmtlich nur sehr langsam fort und erreichen nur sehr allmählich eine grössere Intensität. Man darf nun die vom Muskel abhängige langsame *Zunahme* der Bewegung nicht mit einer Verzögerung ihres *Beginnes* verwechseln. Eine solche Verwechselung kommt aber sehr leicht vor aus zwei Gründen. Denn 1) sind die Muskelschläuche, um die es sich hier handelt, sehr oft vielfach ihrer Länge nach gewunden, oder wenigstens, wie der Magen, cylinderförmig in sich zurück gekrümmt und entziehen so dem Auge des Beobachters einen sehr grossen Theil ihrer Ausdehnung. Bei der nur in langsam sich folgenden Wellen fortschreitenden Bewegung kommt es aber, wenn man die Zeit ihres Anfangs beurtheilen

will, hauptsächlich darauf an, den Punkt ihres *ersten* Auftretens im Auge zu haben. Wir werden solcher Punkte, von denen oft eine Bewegung beginnt, einige bei der Besprechung der Peristaltik kennen lernen. Nun hat man sich aber gewöhnlich damit begnügt nach Reizung eines Nerven oder eines Centralorgans die Punkte der Eingeweide zu betrachten, welche sich bei geöffnetem Unterleib am freiesten dem Blicke darboten, nicht beachtend, dass die hier auftretende Bewegung eine verspätete Fortsetzung einer schon lange vorher von einer versteckten Stelle ausgegangenen Bewegungswelle sein konnte. 2) Wir wissen, dass man einen Muskel, bei dem man den Effect der Bewegung möglichst frühe erkennen will, in eine mässige Spannung versetzen muss. Versäumt man diese Regel, so erzeugen sich in seinem Inneren Zickzackfalten, deren Ausgleichung den ersten Beginn der Verkürzung in Anspruch nimmt. Dasselbe gilt für die Muskeln der Eingeweide in noch höherem Maasse, weil hier, bei ungespanntem Muskel, noch meistens Runzelungen der dünnen Muskel*wand* entstehen, deren Verstreichen erst abzuwarten ist, bis der Muskel einen nach aussen gerichteten mechanischen Effect, etwa eine Bewegung, eine Verkürzung oder eine Verengerung der Darmschlinge zu Wege bringt. Diese Runzeln zu verhüten, und den Muskel zu spannen, vermögen wir aber mit unsern gewöhnlichen Hülfsmitteln hier nicht. Die einzige Art der Spannung, welche wir erwarten dürfen, deren Zustandekommen aber in vielen Fällen unserer Willkühr entzogen ist, besteht in einer *mässigen* Erfüllung des Schlauches durch seinen gewöhnlichen Inhalt. (Speisen, Chymus, Luft, Urin). Ist die Erfüllung aber nicht ganz genügend, so müssen wir genau auf das erste Verschwinden der kleinen unscheinbaren Runzeln achten, wobei uns die Verschiebung sichtbarer Blutgefässe als Anhaltspunkt dienen kann. Ist der Darm ganz auf sich selbst zusammengefallen, so wird auch diese Regel nicht zum Zwecke führen, wir können in diesem Falle bloss die bereits zu hohem Grade vorgeschrittene Bewegung erkennen, aus der wir für die jetzt vorliegende Frage natürlich keine Schlüsse ziehen können.

Versuche, die ich mit Beachtung aller angedeuteten Vorsichtsmaassregeln anstellte, haben mir oft gezeigt, dass der Beginn der Bewegung des Magens und der Eingeweide nach Reizung ihrer Nerven oder ihrer Centraltheile durchaus nicht bemerklich länger auf sich warten lässt, als die Bewegung der freien Scelettmuskeln unter gleichen Verhältnissen, dass also kein Grund vorhanden ist, hier eine Verzögerung der Nervenleitung anzunehmen. Ich will nicht unterlassen, zu bemerken, dass auch *Valentin* sich durch günstige Versuche von der Richtigkeit dieser Ansicht überzeugt hat.

Lähmung der bewegenden Nervenstämme.

Ich werde hier nicht die Erscheinungen besprechen, welche am Muskel nach Ausschluss der Nerventhätigkeit überhaupt zur Beobachtung kommen. Das Dürftige, was uns hierüber bekannt ist, findet sich bereits in der Lehre von der Bewegung. Jetzt beschäftigt uns nur die Unterbrechung der Verbindung der Muskeln mit den Nervencentren, wie sie durch Quetschung, Druck, Durchschneidung, Entartung eines Muskelnerven an seiner Wurzel oder in seinem Verlaufe zu Stande kommt. Hiermit für unsern Zweck identisch ist natürlich der Zustand, in welchem der Nerv als solcher zwar nicht direct afficirt aber durch die vollständige Zerstörung seines Centraltheiles gelähmt worden ist. Da es mir, wie oben erwähnt, bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Thätigkeit der bewegenden Centra des Muskelnerven ganz und gar auszuschliessen und die der ernährenden ganz oder grösstentheils zu erhalten, so kann ich nur den gleichzeitigen Ausschluss beider Funktionen in Betracht ziehen.

a. Reizbarkeit.

Bereits oben haben wir angeführt, dass die Reizbarkeit von Muskeln, deren Nerven nicht mehr mit den Centren in Verbindung stehen, und die darum im Verlaufe ihres Stammes und ihrer mikroscopischen noch markhaltigen Aeste im Innern des Muskels gänzlich geschwunden oder entartet sind, Jahre lang erhalten bleiben kann. Aber auch die neuromuskulären Zuckungen nach Nervenreizen bestehen fort, und wir leiten dieselben von den letzten marklosen Endzweigen in der Muskelsubstanz ab, die an der Entartung nicht Theil nehmen.

Die Reizbarkeit erleidet hingegen Modificationen in Bezug auf ihre Stärke und in Bezug auf ihre Ausdehnung.

In Betreff der Stärke beobachtet man wieder eine Verschiedenheit zwischen der ersten Zeit der Lähmung und einer späteren Periode.

Hat man einem jungen Säugethiere, am besten einer jungen Katze von etwa 3 bis 6 Wochen, an einer Seite die Nervi ischiadici und crurales durchschnitten, so bleiben die peripherischen Nervenstümpfe zwar noch bis zum vierten Tage erregbar und ohne sichtbare Veränderung ihrer Primitivröhren, aber schon am Ende des zweiten Tages hat ihre Energie meistens abgenommen. Wenn ich aber 10 bis 14 Stunden nach der Operation beide Füsse zuerst kürzere Zeit in lauem Wasser badete, in welches nur die Zehen und die Sohlen eintauchten, und dann die Katze oder das Kaninchen mit der einen Hand am Halse in die Höhe hob, bis die Hinterfüsse schlaff herabhingen und in zwei isolirte Gefässe mit Salzwasser getaucht werden konnten, deren eines mit einem Pole einer galvanischen Batterie aus mehreren Plattenpaaren in Verbindung stand, während ich den anderen Pol mit der Hand regieren konnte, so zuckten, wenn ich, nachdem ich mich von der ruhigen Haltung des Thieres überzeugt hatte, nun den anderen Pol eintauchte, die gelähmten Füsse bedeutend *stärker* als die der gesunden Seite. Dieser Versuch, den ich öfter anstellte, hat constante Resultate geliefert. Es durfte aber dabei nur auf die erste Zuckung Rücksicht genommen werden, denn nach dieser machte der nicht gelähmte Schenkel noch einige andere Bewegungen, die von dem durch die Empfindung erzeugten Reflexe abhingen und natürlich auf der anderen Seite fehlten. Ich hätte diese vermeiden können, wenn ich das Thier vor dem Versuche getödtet und das Rückenmark zerstört oder abgetrennt hätte. Aber dies durfte ich nicht, weil die dabei stets entstehenden Convulsionen, so gering sie auch ausgefallen wären, immer, als auf den nicht gelähmten Schenkel beschränkt, die Muskeln desselben mehr als die des anderen ermüdet hätten, und man dann ungewiss gewesen wäre, ob nicht gerade die während des Tödtens eintretende einseitige Ermüdung die geringere Reizbarkeit des nicht gelähmten Schenkels erst erzeugt hätte. Aus diesem Grunde durfte auch die Aetherbetäubung nicht angewendet werden, selbst wenn sie zur Zeit, als ich diese Versuche anstellte, schon in Europa bekannt gewesen wäre. Darum nehme und empfehle ich auch besonders Katzen zu diesen Versuchen, weil sie, wenn man sie sanft behandelt und ihnen keinen Schmerz verursacht, geduldiger sind, als alle anderen Thiere und leichter ohne vieles Widerstreben, wenn man sie am Halse emporhebt, die Hinterfüsse herabhängen lassen. Und es ist so viel als möglich jede Gegenwehr des Thieres als Fehlerquelle zu vermeiden. Die Nachbewegungen, sobald einmal der einfache Schlag empfunden worden ist, sind freilich bei Katzen viel energischer als bei anderen Thieren, aber hierauf darf man durchaus keine Rücksicht nehmen.

Dies ist die fehlerfreieste Methode, nach der ich diesen Versuch bei Säugethieren anstellen zu können glaubte, aber er gibt so nur die *Wahrscheinlichkeit*, dass die Nervenreizbarkeit sich im gelähmten Beine erhöht habe, aber durchaus keine völlige Sicherheit. Es sind hier zwei Fehlerquellen nicht ausgeschlossen. Das herabhängende Bein könnte willkührlich etwas gestreckt werden und dadurch die Bewegung durch den Reiz nur kleiner *scheinen*. Ferner ist es klar, dass wir hier im ersten Momente einen Schliessungsschlag und durch das jetzt bewirkte Herausziehen der Füsse einen Oeffnungsschlag haben. Ein reiner Oeffnungsschlag

von dieser Stärke wirkt nun allerdings im lebenden Körper nicht. Aber die Oeffnung könnte wieder zu einer versteckten Schliessung Anlass geben, welche die beiden Extremitäten in verschieden contrahirtem Zustand ihrer Muskeln getroffen hätte. Gesetzt, die gesunde Extremität hätte sich durch die erste Schliessung etwas stärker contrahirt, so wäre der Querschnitt ihrer Muskeln breiter geworden. Die späteren unbemerkten Schliessungen wären dann hier in die Nerven mit geringerer Dichtigkeit getroffen, als in der anderen Anfangs schwächer bewegten Extremität, und so wäre vielleicht der sichtbare Enderfolg gerade der entgegengesetzte vom wirklichen und allein in Betracht kommenden gewesen.

Ich habe darum noch Versuche an Fröschen nach einem anderen Plane unternommen. Es wurde, nachdem vor einigen Tagen der Plexus ischiadicus an seinem Austritt aus der Wirbelsäule auf einer Seite abgeschnitten worden, mit einem kräftigen scharfen Scheerenschnitt der ganze Hintertheil des Thieres am Beginn des Schwanzbeines von der Wirbelsäule losgetrennt, wobei eine bemerkliche Zuckung des gesunden Fusses, eine schwächere oder oft gar keine des gelähmten entstand. Hierauf wurde sogleich die Wirbelsäule und der Schädel, um das Thier nicht unnöthig leiden zu lassen, mit einem starken Schlage zerschmettert, dann der Plexus ischiadicus der gelähmten Seite frei präparirt und durch ihn allein vorläufig ein Schlag geleitet, der eine starke Zuckung auslöste, die jedenfalls viel kräftiger war, als die beim Durchschneiden im anderen Fusse entstandene, wodurch bewirkt wurde, dass jetzt die Ermüdung eher noch zum Nachtheil des *gelähmten* Fusses ausfiel. Jetzt wurden die beiden Ischiadici bis gegen das Knie frei präparirt, die Oberschenkel abgeschnitten und die beiden Nerven spiralig zu einem Strange in einander gewunden, die Beugemuskeln der Füsse wurden meistens durchschnitten, damit antagonistische Bewegungen nicht die Stärke der Zuckung des Gastrocnemius masciren konnten, und nun, während das Präparat etwa 10 Minuten im Feuchten lag, ein Wassermoderator in eine der Electroden eingeschaltet, so dass Reizung der brachialis nur sehr schwache Zukkungen in den Armmuskeln hervorrief. Reizung der Ischiadici ergab auch jetzt energischere Bewegungen am vorher gelähmten Fuss als am anderen, obschon jetzt wahrscheinlich die Zuckungen in Folge der Zubereitung ein solches Resultat nicht mehr begünstigen konnten. Diese Versuche erlauben mir die folgenden Aussprüche.

In der ersten Zeit nach der Durchschneidung eines Nerven scheint die neuromuskuläre Zuckung der Muskeln bei Durchleitung eines galvanischen Stromes durch das ganze Glied oder durch den Nerven allein erhöht zu sein.

Diese Erhöhung dauert bei Säugethieren nur kurz, höchstens bis zu dem zweiten Tage, bei Fröschen viel länger an. Im Sommer dauert sie bei Fröschen mehrere Tage, im Winter *wenigstens* bis zwei Wochen. Die Gränze ihrer Dauer habe ich nicht ermittelt.[1])

Diese grössere Erregbarkeit ist wahrscheinlich durch die vorhergehende längere Ruhezeit der gelähmten Theile hervorgerufen, deren Nachwirkung durch eine einmalige stärkere Bewegung nicht ganz vernichtet werden kann.

In einer späteren Periode der Lähmung, wo die Erregbarkeit des Nerven zu Grunde geht, sieht man, dass eine Reizung auf der gelähmten Seite einen geringeren Ausschlag gibt, obschon die *Nervenenden* im Mus-

---

[1]) *Valli, Fowler, Nasse, Stannius, Valentin* und besonders *Engelhardt* (De vita musculorum. Bonn 1841.) sind bereits nach andern Versuchsmethoden zu demselben Ausspruch gelangt. Sie fanden auch, dass das paralytische Glied nach dem Tode länger reizbar ist, später starr wird, also länger der Zersetzung widersteht. Es ist lächerlich, wenn einer berühmten Academie diese Ergebnisse von einem Schriftsteller, der sich sonst auf seine Belesenheit in fremden Sprachen viel zu Gute thut, *so eben* als nagelneue Resultate eigener Forschung mitgetheilt werden.

kel noch reizbar bleiben. Aber auch dies ist *nicht einer Abnahme der Reizbarkeit der Nervenenden zuzuschreiben*, wie die folgenden Erörterungen darlegen werden.

Bei Säugethieren ist am Ende des vierten Tages der Nervenstamm nicht mehr erregbar. Lässt man nun einen galvanischen Strom durch die gelähmte Extremität und vergleichsweise durch die andere gehen, so wird er bei gleicher Reizbarkeit der Muskeln die gesunde Extremität nothwendig stärker erregen, weil hier die Nervenstämme und die Muskeln *zugleich* vom Reiz getroffen werden, und erstere, wie oben gezeigt worden, gegen den galvanischen Reiz stärker reagiren als die Enden der Muskelnerven. Im gelähmten Fusse sind aber jetzt diese Enden die allein noch für galvanische Erregung empfänglichen Theile, der Effect wird demnach schwächer ausfallen; selbst wenn auch die normale Erregbarkeit der Nervenenden nicht gelitten hat.

Aber auch dann, wenn man die reizenden Pole direct auf die Muskeln setzt, wird jeder einzelne Muskel aus der nicht gelähmten Extremität stärker reagiren, wenn der Reiz nur einigermaassen kräftig ist. Denn auch die markhaltigen Nervenstämmchen und Aestchen im Muskel selbst sind auf der gelähmten Seite entartet, die, auf der andern Seite von Stromesschleifen getroffen, viel zur Energie der Zusammenziehung beitragen, da auch sie wahrscheinlich reizbarer sind als die Nervenenden. Man müsste also, um in dieser Frage zu einem sicheren Urtheil zu gelangen, zwei Muskelstückchen aus beiden Füssen mit einander vergleichen, die gar keine markhaltigen Nervenröhrchen mehr einschliessen, was aber vorläufig nicht auszuführen ist.

Hat die Lähmung endlich eine längere Zeit hindurch bestanden, so stellen sich Veränderungen im Muskel selbst ein, deren wir im Abschnitt über den Einfluss der Nerven auf die Ernährung ausführlicher gedenken wollen. Der ganze Muskel magert ab, und viele seiner Bündel scheinen fast ganz zu schwinden. Endlich tritt in den *meisten* Fällen eine auf grössere oder kleinere Strecken beschränkte, partielle, fettige Umwandlung vieler Muskelfasern auf und Fett lagert sich zwischen den Muskelbündeln ab. Ich habe bei den am weitesten fortgeschrittenen Umwandlungen dieser Art, die mir vorgekommen sind, gesehen, dass alle die einzelnen blassen Muskelstücke, die zwischen dem Fettzellgewebe noch erhalten waren, stets noch auf galvanischen Reiz neuromuskuläre Bewegungen zeigten, aber die *Ausdehnung* der reizbaren Stellen ist hier durch die fortschreitende Degeneration eine sehr beschränkte geworden. Zuckungen des Muskels im Ganzen waren hier nicht mehr möglich, weil kein ganzer Muskel mehr da war.

Wenn manche Schriftsteller angeben, nach Nervendurchschneidungen sei bald die Reizbarkeit der Muskeln des gelähmten Gliedes verschwunden oder sehr vermindert worden, so mögen sie wohl die Extremität im Ganzen, oft vielleicht sogar mit der Haut, gereizt, und im Vergleich mit den starken Zuckungen, die auf diese Weise an der gesunden Extremität leicht sichtbar hervortreten, die sehr viel schwächeren an der gelähmten übersehen haben.

Man sieht nach dem Vorhergehenden, was es mit dem von *M. Hall* vorgeschlagenen und aus der Stärke der galvanischen Zuckung entnommenen Unterscheidungsmerkmal für den Sitz mancher Lähmungen für eine Bewandtniss hat.

M. Hall gibt an, dass die Reizbarkeit der Glieder vermindert sei, wenn die Lähmung ihre Ursache im Rückenmark habe, dass sie aber vermehrt sei, wenn das Gehirn den Sitz des Uebels abgebe. Ersteres ist in sofern richtig, als in den Fällen, wo neben der Erregung der Bewegungen auch die Ernährung des Nerven

leidet, *derjenige* Effect des galvanischen Reizes, der von dem Getroffensein der Nerven*stämme* herrührt, nach einiger Zeit nothwendig ausbleibt. Der Sitz des Centrums der Ernährung der Nerven ist nun bei den Thieren, an welchen *M. Hall* experimentirte, in der Rückenmarkshöhle, nahe dem Austritt der Nerven, und eine Durchschneidung des Rückenmarkes, höher oben als der Nervenabgang, beraubt die Nerven zwar des Hirneinflusses, lässt ihre Ernährung ungestört. Wir werden später die Gründe kennen lernen, warum solche noch kräftige, aber vom Hirn nicht mehr erregte, Nerven in vielen Fällen stärker reagiren. Wir haben jedoch früher gesehen, dass nach den pathologischen Beobachtungen von *Meissner* beim *Menschen* die Ernährungscentra selbst der bewegenden Nerven der Extremitäten vielleicht bis in das Hirn hinaufgerückt sind. In diesem Falle würde aber das von *M. Hall* angegebene diagnostische Merkmal auf den Menschen gar keine Anwendung finden. Wir werden sehen, dass auch mechanische Reize bei Fröschen und Vögeln einige Zeit nach Wegnahme des Gehirns an den Extremitäten eine das Normale überschreitende Reaction bedingen, aber die Beobachtungen, wo dies bei Menschen der Fall war, sind so selten, dass wir dafür eine andere Erklärung werden suchen müssen.

b. Bewegung.

Eine Jahrhunderte alte Tradition verurtheilt einen Muskel, dessen bewegende Nervenstämme von ihren Centren abgetrennt sind, zu einer ewigen Ruhe, die nur ganz momentan unterbrochen werde, wenn etwa ganz besondere und ausserordentliche reizende Eingriffe auf den entblösten Muskel vor dem Verluste seiner Reizbarkeit einwirken. Ja diese Reizbarkeit selbst wurde von manchen Seiten als ein bald sich erschöpfendes Residuum des Hirneinflusses gedeutet. Wir haben schon gesehen, dass dies letztere nicht richtig ist. Die *Möglichkeit* der neuromuskulären Bewegung ist im Muskel vorhanden, so lange er selbst besteht. Sehen wir nun zu, ob diese Möglichkeit, die nur des Reizes harrt, ausser den Vorgängen in den Nervencentren keine im unverletzten Thiere beständig wirksame Anregung findet, der sie zur *Wirklichkeit* der Bewegung gestaltet.

Wenn wir den bewegenden Nerven eines Muskels durchschnitten haben, so ist der letztere gegen alle Eindrücke, welche nur durch die Nervencentren vermittelt werden können, völlig unerregbar. Weder der Wille des Thieres, noch Gefühlsreize, die einen entfernteren Theil des Körpers oder die Haut des gelähmten Gliedes treffen, vermögen ihn zur Zusammenziehung zu bringen. Die Bewegung von Muskelgruppen, denen die gelähmten Fasern sonst das ganze Leben hindurch als treue Genossen zugesellt waren, so dass selbst der energischste Wille des Individuums die enge Verbindung nicht zu brechen vermochte, auch diese associirte Bewegung ist jetzt plötzlich aufgehoben. Ja noch mehr, wenn nur einzelne Primitivfasern eines Muskels gelähmt sind, so nehmen die ihnen entsprechenden Bündel des einzelnen Muskels an der Bewegung der übrigen nicht mehr Theil, wogegen es uns meines Wissens im Leben nur ausnahmsweise durch energische Concentrirung des Willens bei einzelnen Muskeln (im Sinne der Anatomie: physiologisch dürften diese als eine Verbindung mehrerer Muskeln zu betrachten sein) möglich ist, *eine* Reihe von Bündeln ohne die andern zu bewegen.

Direct auf die Muskeln angebrachte Nervenreize und sogar in manchen Fällen local äusserst beschränkte mechanische Reizungen der Nervencentra können auch im Leben einzelne Bündel eines und desselben Muskels für sich zur Bewegung bringen, ohne die anderen mit zu erregen. Es geht aus dieser Bemerkung wieder ein Wahrscheinlichkeitsgrund gegen die Existenz des sogenannten Muskelgefühles hervor. Wenn die Contraction der einzelnen Bündel eine

Sensation auf das noch thätige Rückenmark verpflanzte, so würde letzteres durch Reflex doch wahrscheinlich zunächst auch die anderen Bündel, deren Thätigkeit mit derjenigen der erregten im normalen Leben immer verbunden ist, zur Zusammenziehung anregen.

Wie man sieht, habe ich hier alle Mitbewegungen als Function der Nervenleitung geschildert, und streng genommen sind sie es auch ohne bekannte Ausnahme, wenn wir *Bewegung* auf die Contraction des *Muskels* und nicht auf deren Effect, die Rotation der *Gelenke*, beziehen. Es kommen aber im Thierreich einzelne Anordnungen vor, durch welche auf rein *„mechanischem“* Wege mit der Zusammenziehung einzelner Muskeln energische Bewegungen in entfernten mit ihnen nicht in directem Zusammenhang stehenden Gliedern verbunden werden. Am bekanntesten und bemerkenswerthesten in dieser Hinsicht ist der schon von *Borelli* erläuterte Fall am Fusse der Vögel, durch den ihr Feststehen auf den Zweigen selbst im Schlafe und bei Unthätigkeit der Muskeln gesichert wird. Sobald sich durch ihren Willen oder durch das Gewicht des Körpers das Kniegelenk beugt und die Fusswurzel sich dem Unterschenkel nähert, werden mechanisch die Zehen wie zum Umfassen gegen einander gekrümmt. Ein Vogel, dessen Zehenbewegungen selbst gelähmt sind, dessen Zehenmuskelnerven durchschnitten worden, kann sich so noch mit den Zehen sehr fest an einem Zweige anklammern und sich willkührlich loslassen. Eine Verkennung der hier in Betracht kommenden Verhältnisse hat *Vicq-d'Azyr* zu einem Missverständniss geführt. Verwandte Eigenthümlichkeiten regeln z. B. bei vielen Insecten die so complicirte Entfaltung der Unterflügel.

Halten wir uns zunächst an die sogen. willkürlichen Muskeln, auf die im normalen Zustande keine anderen Reize wirken, als die oben angeführten, durch das centrale Nervensystem vermittelten; so werden sie allerdings unmittelbar nach der Durchschneidung ihrer Nerven vollkommen ruhig bleiben, aber sehr bald ändert sich die Scene und an die Stelle der Ruhe tritt eine rastlose, fast ununterbrochene Bewegung, die jedoch, weil sie in den einzelnen Bündeln nicht gleichzeitig auftritt, meistens keinen mechanischen Effect mehr nach Aussen hervorrufen kann.

Haben wir z. B. den Hypoglossus durchschnitten, den einzigen Bewegungsnerven der Zunge, an welcher sich diese Vorgänge am besten demonstriren lassen, wo sie am auffallendsten hervortreten und wo ich sie auch zuerst entdeckte, so bleibt die entsprechende Zungenhälfte am Anfang vollkommen unbewegt, sie wird nur von der andern Seite oft mechanisch mitgezogen. Aber schon am dritten Tag sieht man auf der im ganzen ruhig daliegenden Zungenhälfte einzelne an beschränkten Punkten plötzlich aufschiessende und sich mehrfach wiederholende Bewegungen, ihre Zahl nimmt am vierten Tage rasch zu, so dass sie am Ende dieses Tages und am fünften auf der ganzen gelähmten Fläche, oben, unten und an den Rändern verbreitet sind. Im Verlauf der folgenden Tage sieht man diese Zuckungen immer noch kräftiger hervortreten und nach dem Ende der ersten Woche haben sie ihre volle Stärke erreicht, in der sie nunmehr verharren, wenn sich der Nerv nicht wieder erzeugen kann. Die ganze Zungenhälfte (oder das ganze Organ, wenn beide Hypoglossi durchschnitten sind) zeigt jetzt fortwährende starke Oscillationen, die durch die Schleimhaut sichtbar sind, an allen Stellen ein wirres Wallen und Wogen, welches ganz den Eindruck macht, wie eine unter schwacher Vergrösserung gesehene frische Flimmermembran. Aber dabei kommt keine Ortsveränderung des ganzen Zungentheiles zu Stande. Fasst man einzelne Stellen scharf ins Auge, so sieht man, dass hier Contraction und Erschlaffung in unregelmässigem Rhythmus mit kurzen Zwischenpausen abwechseln, während aber die eine Stelle erschlafft ist, zieht sich eine benachbarte zusammen, und so entsteht das beständige Geflimmer.

Diese Vibrationen der gelähmten Muskelbündel beobachtet man zu allen Tageszeiten, unter allen Verhältnissen, man sieht sie nicht nur, wenn man den Mund öffnet, sondern auch bei geschlossenem, wenn man die Lippen von einander entfernt, durch die Lücken der Zahnreihen hindurch, sie erhalten sich noch, wenn die Zungenhälfte schon anfängt atrophisch zu werden und weichen erst nach sehr langer Zeit, (ich sah sie in einem Falle noch nach 17 Monaten) wenn die Degeneration der Muskeln ihre Struktur und Bewegungsfähigkeit vernichtet. Sie fehlten bei keinem der von mir operirten Thiere, und waren auch bei allen gleich beständig.

Der glückliche Umstand, dass die kleinste Oscillation der Muskeln an der Zunge durch die an letzteren so fest anhaftende Schleimhaut hindurch gesehen wird, überhebt uns der Vertheidigung gegen den Verdacht, der endlich einmal obsolet werden dürfte, diese Bewegungen seien durch den „Reiz der Luft" auf die blossgelegten Muskeln bedingt.

Die gleichzeitige Lähmung der anderen Nerven der Zunge und der Chorda tympani ist ganz ohne Einfluss auf diese Bewegungen.

Auch an andern dem Willen unterworfenen Muskeln treten ähnliche Bewegungen nach der Durchschneidung ihrer Nerven auf, und man sieht sie hier vom vierten oder fünften Tage an, wenn man die Muskeln völlig von ihrer Hülle entblösst und das Licht schief auf sie fallen lässt. Die Oscillationen sind hier (wenigstens an den Extremitätmuskeln der Säugethiere und Vögel) von viel geringerer Ausdehnung und geringerer Stärke als an der Zunge, so dass man sie nur bei schärferer Betrachtung erkennt. Sie verstärken sich etwas durch schwache mechanische Reizung und zeigen unregelmässige Intermissionen, so dass z. B. eine Stelle, die zehn Minuten lang der Sitz von unzähligen kleinen Zuckungen war, nun plötzlich ruhig wird, um nach drei oder vier Minuten wieder in Bewegung zu gerathen. Während aber ein Punkt der Muskeloberfläche ruht, flimmern die anderen ungestört weiter. Es kann vorkommen, dass eine vorübergehende Ruhe etwa eine Minute lang auch in grösserer Ausdehnung herrscht. Die Oscillation besteht übrigens nicht bloss an der Oberfläche des Muskels, sondern sie zeigt sich auch in den tieferen Schichten, wenn man die oberflächlichen weggenommen hat.

Wer diese Oscillationen an den Extremitätmuskeln zum ersten Male sehen will, dem rathe ich, den entblössten Muskeltheil mit einer etwas glänzenden Flüssigkeit z. B. mit einer dünnen Schichte von Blut zu bestreichen. Das Ganze tritt dann viel auffallender hervor.

Ganz ähnliche Oscillationen sieht man an der mit quergestreiften Muskeln versehenen Iris der Vögel, wenn man den Nervoculomotorius durchschnitten hat. Während die Weite der Pupille im Ganzen sich nicht ändert, sieht man an den Kreismuskeln einzelne Fasern beständig wie in schnell verschwindender Runzelung. An der Iris der Säugethiere, deren Muskeln verhältnissmässig so träge beweglich sind, ist natürlich eine eigentliche Oscillation nicht möglich, da dieselbe eine gewisse *Schnelligkeit* der Bewegung erfordert.

Es ist klar, dass hier die einzelnen Bündel der Muskeln sich abwechselnd zusammenziehen, dass es aber darum zu keiner Bewegung der Gelenke u. s. w. kommt, weil in jedem einzelnen Momente die Majorität der Bündel eines Muskels erschlafft ist und durch ihre Resistenz den Bewegungswiderstand vermehrt, der ohnehin für die je zugleich bewegte Minorität der Fasern zu gross wäre.

Ich hoffte daher bei Muskeln, die nur aus einem oder sehr wenigen Bündeln bestehen, auch eine äusserlich sichtbare Wirkung der paralyti-

schen Oscillation zu erhalten. In der That hat sich dies für die Muskeln der Tasthaare bewährt, die bei Kaninchen, Meerschweinchen, Katzen und Hunden vom facialis versorgt werden. Hatte ich letzteren durchschnitten, so gingen vom Ende des vierten Tages an, Monate lang die Tasthaare und die Haare über den Augen beständig, selbst im Schlafe, hin und her. Ihre Länge vergrösserte natürlich als Index den Ausschlag und machte die Sache nur um so auffallender. In dem Aufhören dieser Bewegungen besteht ein Zeichen für die Regeneration des facialis, auf welches oben verwiesen worden ist.

Brown-Sequart hat schon kurze Zeit, bevor ich die paralytischen Muskeloscillationen beschrieb, bei einem Meerschweinchen, dem er den facialis ausgezogen hatte, eine Zeit lang Zuckungen in den verschiedenen *Gesichtsmuskeln* gesehen, die aber nach seiner Angabe nur in der allerersten Zeit der Lähmung beständig vorhanden waren und später nur aufgetreten sein sollen, wenn das Thier besonders erregt oder wenn seine freie Athmung behindert war. Die Oscillationen aber, welche *ich* beobachtete, und die vermuthlich von jenen verschieden sind, sind auch in der späteren Zeit der Lähmung von anhaltender Dauer und zeigen sich auch bei ganz freier Athmung, und in allen Zuständen des Thieres.

Eine Erklärung dieser sonderbaren Thatsachen lässt sich vorläufig nicht bestimmt geben. Es ist mir sehr wahrscheinlich, dass die, obschon andauerndel doch nur sehr *schwache* Thätigkeit der Nervenenden ihre Erregbarkeit fortwährend auf einer das Normale *übersteigenden* Stufe erhält. (Wir haben oben gesehen, dass dieser Hypothese keine beweisenden Thatsachen entgegenstehen.) Die Muskelnerven werden so gegen Reize empfänglich, welche an den noch regemässig thätigen Theilen spurlos vorübergehen. Auch die Blutcirculation könnte so zum bewegenden Reize werden, wie sie es für das Herz wirklich ist. Ich sehe aber keinen Grund, gerade das *Venenblut* als Reiz anzusehen, wie es *Brown-Sequart* für den von ihm beobachteten Fall that, wo Störung der Respiration die Bewegung hervorrief. Wenn, wie der genannte Forscher dies glaubt, die Muskelnerven durch dauernde Lähmung gerade an Reizbarkeit *verlieren*, so ist auch nicht einzusehen, warum das mehr mit Kohlensäure geschwängerte Blut gerade besonders auf die gelähmten, und nicht auf die angeblich mehr reizbaren gesunden wirken soll. Dass diese Bewegung übrigens von den *Nerven*, und nicht durch directe Erregung des *Muskels* entsteht, dafür spricht ihr sehr rascher zuckender Verlauf.

Diese zuckenden Bewegungen haben einige Aehnlichkeit mit denjenigen, welche in den Muskeln durch Schwächung oder Aufhebung der Circulation erregt werden. Aber es ist hervorzuheben, dass die letzteren stets viel energischer ausfallen als die ersteren. Dies kommt nicht *allein* von der durch die Circulationshemmung gleichzeitig bedingten Anregung der centraler gelegenen Nervenapparate, denn selbst solche Theile, deren Nerven durchschnitten worden und die bereits vibriren, gerathen in stärkere Bewegungen, sobald man die Circulation hemmt. Die Nichtbetheiligung der Nervencentra an diesen *verstärkten* Bewegungen in den gelähmten Theilen offenbart sich aber im Auftreten der Zuckungen, insofern als die letzteren hier *später* von der Circulationshemmung afficirt werden, als die Bewegungen derjenigen Organe, die noch mit den Centren zusammenhängen. Letztere bewegen sich auch meistens stärker. Die Verspätung der Bewegung im motorisch gelähmten Theile, als Ausdruck der Zeit, welche die Circulationshemmung die Centra früher als die peripherischen Organe afficirt, kann nach meinen Beobachtungen bei Vögeln 30 Secunden, bei Säugethieren (Katzen) bis zu zwei Minuten betragen. (Vergl. als hierher gehörig eine schon früher veröffentlichte Beobachtung von *Brown-Sequard.* Soc. de Biologie, I. pag. 159.)

Die paralytischen Oscillationen unterscheiden sich ferner dadurch von den Zuckungen durch Circulationshemmung, dass letztere viel deutlichere und längere Ruhepausen haben, wodurch ihr Rhythmus dem der lebendigen Contractionen vieler dieser Muskeln bei weitem ähnlicher wird. Dies erläutert z. B. was *Valentin* schon vor vielen Jahren über Bewegungen des Zwerchfells *eben getödteter* Thiere beobachtet, die nach Durchschneidung der N. phrenici nicht aufgehoben werden. Vergleiche den späteren Abschnitt über den Einfluss des Nervensystems auf die Herzbewegung.

Die Function derjenigen Muskeln, welche unsere Beziehungen zur Aussenwelt regeln, ist also deshalb an die Verbindung ihrer Nerven mit den Centraltheilen so innig geknüpft, weil diese Muskeln alle ihre Anregungen mehr oder weniger mittelbar durch die Sensationen erhalten, welche die Aussenwelt in uns hervorruft, die Thätigkeit der Athemmuskeln bedarf deshalb der Nervencentra, weil ihr harmonisches Zusammenwirken nicht durch ihre mechanische Verbindung unter sich, sondern ebenfalls durch ihre gemeinsame und gleichzeitige Anregung in Folge einer Sensation, hier aber einer *inneren*, bedingt ist. Ueberall fehlt hier nach Durchschneidung der Nerven unmittelbar durchaus nicht die Bewegungs*fähigkeit*, sondern der Bewegungs*antrieb*, welcher nur auf dem Wege des Reflexes zum Muskel gelangt.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich nun die wichtige Folgerung, dass, wenn es Muskeln gibt, und wir werden solche in verschiedenen Provinzen der vegetativen Sphäre kennen lernen, welche die Anregung zu ihrer *normalen* Bewegung aus Reizen schöpfen, welche nicht durch Reflexe vermittelt sind, sondern welche ganz unmittelbar die Nervenenden im Muskel selbst treffen, und bei denen auch die Reihenfolge der normalen Bewegung durch die mechanische Anordnung des Organes selbst gegeben ist, diese Bewegung *dauernd fortbestehen kann, wenn auch die Verbindung der Nervenenden dieses Organes mit den Nervencentren unterbrochen ist.* Die *Kraft* der Bewegung kann aber dabei vermindert sein.

Wenn wir uns erinnern, dass die Degeneration durchschnittener Nerven die letzten Enden der Bewegungsnerven verschont, welche die neuromuskuläre Contraction ermöglichen, dass also die Ernährung und die Erhaltung der Erregbarkeit dieser Enden von allen Centren unabhängig ist, so werden wir zugestehen müssen, dass solche Organe, wie wir sie hier vorläufig angenommen, zu ihrer gewöhnlichen Bewegung *gar keines Nervencentrums bedürfen.*

Wenn ich sage, dass sie dessen nicht *bedürfen*, so behaupte ich durchaus nicht, dass sie keines *besitzen.* Es dürfte im Gegentheil kein Organ des Thierkörpers bekannt sein, dessen Bewegungen unter *allen* Verhältnissen ganz unbeirrt und gleichmässig von Statten gehen, welches dieselben nicht in Harmonie mit allgemeinen Zuständen des Körpers, oder localen, kräftigen Eingriffen beschleunigte, verlangsamte oder veränderte. Diese Veränderungen aber, als Folge von Einflüssen, die auf das centrale Nervensystem einwirken, können nur durch dieses vermittelt werden; sie sind nicht mehr möglich, wo die bewegenden Nerven des Organes durchschnitten sind. Darum wurde mit besonderem Nachdruck hervorgehoben, dass nur die gewöhnliche, *normale* Bewegung häufig ohne Centra fortbestehen könne. Wo aber der Plan des Organismus momentan eine andere Art der Bewegung fordert, ist die ungestörte Fortdauer der normalen eine meist schädliche Anomalie, durch welche das Organ hinter seiner physiologischen Aufgabe zurückbleibt. Wir werden daher erwarten dürfen, und der physiologische Versuch bestätigt es, dass

alle muskulösen Organe mit Bewegungsnerven aus den Centren in Verbindung stehen, dass man ferner von diesen Nerven und ihren Centren aus die Bewegungen anregen und verändern kann, aber es ist eine aus Missverständniss und schlecht angewendeter Analogie entspringende Forderung, dass die Centra und die Bewegungsnerven auch dadurch als solche sich legitimiren mussten, dass nach ihrer Durchschneidung die Bewegungen bald oder sogleich aufhörten. Was bei den nicht unmittelbar für die Beziehungen zur Aussenwelt geschaffenen Organen in diesem Falle aufhören muss, sind nicht die *Bewegungen*, sondern im Gegentheil ihre *Störungen*, ihre Veränderungen durch mittelbar wirkende Ursachen.

Das oben erwähnte Missverständniss, vermöge dessen man sich früher keine Nervenenden ohne die Mitwirkung von Centralorganen in anhaltender Thätigkeit denken konnte, hat zur Folge gehabt, dass man in der inneren Substanz selbst von Organen, die sich noch nach Abtrennung von ihren Nervenstämmen anhaltend bewegen, nach den vermeintlichen nervösen Centren gesucht hat, und in Ermangelung anderer sie in den Ganglien zu finden glaubte, welche an so vielen peripherischen Nerven vor ihrer Endvertheilung vorkommen, und die, wie wir zeigen werden, gar keine specielle Beziehung zur Bewegung haben. Freilich stützte man sich dabei auch auf mangelhafte Experimente, welche beweisen sollten, dass diese Organe, z. B. das Herz, noch im Stande sein sollten, nach dem Ausschneiden aus dem Körper sensible Reize, die sie treffen, durch eine Art von Reflex in eine geordnete Reihe mechanisch von einander unabhängiger Bewegungen umzusetzen. Wir werden später zeigen, dass dies nicht der Fall ist.

Es scheint mir geeignet, jetzt sogleich einigen Missdeutungen entgegen zu treten, denen die eben vorgetragene Lehre unterliegen könnte. Ich erwarte kaum, dass einer meiner Leser mir den Einwurf machen wird, es sei doch gar zu unwahrscheinlich, dass die Natur dem Herzen nur darum Nervenstämme eingepflanzt habe, damit es im Fieber und in der Freude schneller schlagen und beim Schreck stillstehen könne u. s. w.

Es ist ferner meine Ansicht nicht, dass irgend ein vegetatives Organ seine Bewegungen unbegränzt lange nach Durchschneidung *aller* seiner Nerven fortsetzen könne, wohl aber hoffe ich dies durch den Versuch für die *Bewegungsnerven* zu erweisen.

Hingegen werden wir sehen, dass wenigstens bei den höheren Wirbelthieren die Gefässe besondere Nerven erhalten müssen, wenn ihr (von den Centren und speciell oft vom Gehirn abhängiger) Tonus nicht erlöschen, und dadurch die *Ernährung* des ganzen Organes nicht zuletzt in dem Grade leiden soll, dass es zu seiner Funktion untauglich wird. Ich habe dies im Besonderen für den Magen schon vor vielen Jahren durch grössere Versuchsreihen nachgewiesen. Die Bewegungsstörung ist aber hier eine ganz mittelbare.

Ich bin weit entfernt, die Ansicht, dass die normale Erregung der Bewegungen der reflectirenden Centra entbehren könne, auf alle „vegetativen“ Organe ohne Ausnahme auszudehnen. So glaube ich für den Dickdarm vieler Thiere nachweisen zu können, dass seine regelmässigen Bewegungen durch das Rückenmark vermittelt werden, und ohne dasselbe nicht zu Stande kommen. Hingegen bedürfen die Magenbewegungen, die von Vagusästen ausgehen, nicht der Integrität der motorischen Fasern im Vagusstamm, deren Zerstörung sie, wie ich gesehen habe, unbegränzte Zeit überdauern. Gewisse Arten des Erbrechens aber, welche der Mitwirkung des Magens bedürfen, werden nach der Vagusdurchschneidung sehr wahrscheinlich nicht mehr gehörig zu Stande kommen können, und man wird nach derselben vom Gehirn aus keine Magenbewegung mehr hervorrufen können.

Es konnten hier nur die allgemeinen Grundsätze gegeben werden, die bei einer grösseren Gruppe von Organen gemeinschaftliche Anwendung finden. Für das Speciellere muss ich auf den vierten Abschnitt verweisen.

Wenn bei den hier behandelten Organen die Durchschneidung der Nervenstämme keine bemerkliche Abnahme der Thätigkeit der Muskeln bewirkt, so werden auch die spätern Folgen dieser Abnahme, Atrophie und fettige Entartung der Muskeln, welche die Reizbarkeit beschränken, nicht zur Erscheinung kommen. Das Muskelzittern, welches bei den freien Scelettmuskeln ebenfalls wahrscheinlich nur eine Folge der aufgedrungenen Ruhe mit Anhäufung der Reizbarkeit ist, wird hier im vegetativen Gebiete um so weniger beobachtet werden können, als die meisten Muskeln nur eine sehr langsame neuromuskuläre Bewegung haben. Der Mangel des paralytischen Muskelzitterns ist übrigens nicht, wie man hiernach vermuthen dürfte, eine Eigenthümlichkeit der glatten Muskelfaser, denn es kommt in etwas verlangsamter Folge im Ohrgefäss der Kaninchen deutlich vor, wenn die Bewegungsnerven desselben einige Zeit gelähmt und dessen Pulsationen hierdurch sistirt sind.

c. *Ausdehnbarkeit.*

Es ist bereits in der Lehre von den Muskeln bemerkt worden, dass, besonders auffallend bei Vögeln, einige Zeit nach der Durchschneidung der Nerven die Ausdehnbarkeit der Muskeln in eine anfangs mehr oder weniger sich steigernde *Abnahme* verfällt, die dann unverändert besteht. Ganz *unmittelbar* nach der Durchschneidung der Nerven kann aber bei allen Wirbelthieren eine nur *schnell vorübergehende* grössere Nachgiebigkeit der gelähmten Muskeln eintreten. Sie ist vermuthlich Folge, der mit der Nervenverletzung verbundenenZuckung, die nicht bloss, wie *Weber* zeigte, im Momente ihres Bestehens, sondern wie *Valentin* bewiesen, auch als kurze Nachwirkung die Elasticität herabsetzt. Hierdurch erklären sich auch einige Erscheinungen, die gelegentlich, aber wenig beachtet, bei den neueren Untersuchungen über den Muskeltonus sich störend mit eingeschlichen haben.

Eine *späte* Folge der Lähmung der Bewegungsnerven tritt manchmal als *Contractur* der paralytischen Muskeln auf. Sie ist beim Menschen und häufiger noch bei Kaninchen *(Brown-Sequard)* nach Lähmungen des facialis in manchen Gesichtsmuskeln beobachtet worden und wir werden ihre wahrscheinliche Entstehung bei den Thätigkeiten dieses Nerven zu erklären versuchen.

Erschöpfung der motorischen Nerven.

Wir haben schon früher angedeutet, worin die Erschöpfung der Nerven *durch den Reiz* besteht, sie beruht darauf, dass der Nerv an der vom reizenden Eingriff unmittelbar betroffenen Stelle so weit verändert ist, dass sie durch denselben Reiz nicht mehr in bewegungserregende Thätigkeit versetzt werden kann, dass der noch wirksame Grad von Veränderung, den dieser bestimmte Reiz im Nerven überhaupt hervorzubringen vermag, seinen Höhepunkt erreicht hat.

Wir können drei Grade der Erschöpfung durch den Reiz unterscheiden:

a) War der Reiz schwach, so kann, sobald er nicht mehr wirksam ist, eine Verstärkung *derselben Art* des Reizes noch Wirkung erzielen.

b) War der Reiz stärker, so wird der Nerv gegen ihn zwar unempfindlich, kann aber gegen Reize anderer Art noch sehr gut und manchmal mit erhöhter Energie reagiren. So braucht man, wenn der Nerv gegen galvanische Ströme in einer Richtung erschöpft ist, nur schnell dieselben umzukehren, um wieder Zuckung zu sehen. *(Volta'sche Alternative.)*

c) War der Reiz sehr mächtig, oder ist er übermässig lange angewendet worden, so wird die getroffene Nervenstrecke dauernd oder vorübergehend (aber stets für längere Zeit) ganz *unerregbar*, und verliert die Leitungsfähigkeit. Niemals erstreckt sich die Erschöpfung durch den Reiz jenseits der betroffenen Stelle, und man braucht beim Bestehen derselben nur eine dem Muskel näher gelegene Stelle anzusprechen, um wieder Wirkung zu erhalten.

Ganz verschieden verhält sich die *Erschöpfung* des Nerven *durch die Thätigkeit.* Sie beruht auf dem Gesetze, dass jedes organische Geschehen Stoff verbraucht, und sein Substrat abnutzt. Auch der Nerv, so gut wie der Muskel, erleidet bei jeder Thätigkeit eine theilweise Zersetzung des wirksamen Stoffes, und diese Zersetzung ist um so eingreifender, je energischer die Anregung war, oder je länger dieselbe anhielt. Jeder Leitungsvorgang im Nerven muss darum, wenn er sich nicht bald beträchtlich abschwächen soll, mit Perioden der Ruhe abwechseln, in welchen der Nerv das bei der Thätigkeit verbrauchte Material aus der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit, aus dem Blute, wieder ersetzt.

Kräftige Wirkungen können vom Nerven für die Dauer nur dann erzielt werden, wenn man um so häufigere Ruhepausen eintreten lässt, je energischer die Anregung ist.

Eine Umgehung dieser Regel ist, wie es scheint, stets mit einem Verlust an dem Nutzeffect der Thätigkeit verbunden. Allerdings steht die Zeit, in der sich ein ermüdeter Nerv erholt, nicht in directem Verhältniss zum Grade der Ermüdung, sondern ist bei hohen Graden der Erschöpfung verhältnissmässig kürzer, so dass bei seltenen Pausen *Arbeitszeit* gewonnen werden kann, aber es wird dabei sehr viel und, wie es scheint, immer relativ mehr an *Arbeitskraft* verloren, so dass das Product ein kleineres wird.

Halten wir fest, dass es hier die *Leitung* der Erregung ist, welche den Nerven erschöpft, so werden wir den scheinbar paradoxen Satz begreifen, dass, je erregbarer ein Nerv unter sonst gleichen Verhältnissen ist, es um so *schwächerer* Reize bedarf, um ihn bis zu einem gewissen Grade zu ermüden. Denn die schwächern Reize regen ja dann schon einen höhern Grad von Leitungsthätigkeit an. Die Proportionalität kann freilich, wenn wir einen und denselben Nerven bei Abnahme seiner Erregbarkeit in verschiedenen Stadien vergleichen, nie genau werden, weil derselbe materielle Verfall, der die Minderung der Erregbarkeit bedingt, auch alle übrigen Vorgänge im Nerven benachtheiligen muss, und selbst das für die Restitution zu verwendende Material beeinträchtigt.

Ein anderer Umstand, welcher dem ungehinderten Hervortreten der eben erwähnten Proportionalität im Wege steht, ist, dass wenn ein sehr schwach erregbarer Nerv sehr starke Reize nöthig macht, diese auch local schwächend und zerstörend auf die Nervenstrecke einwirken müssen. Uebrigens werden wir in der Folge Gelegenheit genug haben, den eben vorgetragenen Satz durch Beispiele im Einzelnen zu bewähren.

Wenden wir auf einen kräftigen und einen geschwächten Nerven *übermässig* starke Reize an, die mehr als genügen, um alle vorhandene Erregbarkeit zu bethätigen (und für die Froschnerven ist hierzu bekanntlich ein einfaches gewöhnliches Zinkkohlenelement bei Weitem ausrei-

chend), so zeigt es sich, dass der geschwächte Nerv in sehr bedeutend kürzerer Zeit erschöpft wird als der kräftige.

Es wäre hier zu umständlich und ist für den denkenden Leser überflüssig, zu zeigen, wie sich dieser Satz, der sich uns sogleich experimentell bestätigen wird, theoretisch mit dem vorigen vereinigen lässt. Der Umstand, dass der Reiz gewöhnlich in der hier angegebenen Weise gebraucht wurde, scheint die gewöhnlich ganz unbedenklich hingenommene Behauptung erzeugt zu haben „ein schwacher Nerv sei *leichter* zu erschöpfen, als ein kräftiger". Fast jedes Wort dieser Phrase ist doppelsinnig.

Jede Erschöpfung durch Thätigkeit scheint nur eine *relative* zu sein, d. h. durch vorhergegangene Anstrengung wird der Nerv unfähig, irgendwo in seinem peripherischen Verlaufe auf einen Reiz von einer bestimmten Grösse zu antworten. Wird aber dieser peripherischer gelegene (erregende) Reiz immer mehr gesteigert, so wird er endlich eine Wirkung erzwingen, nach welcher freilich der Nerv noch viel erschöpfter zurückbleibt.

Man kann einen Nerven durch den Schlag einer mächtigen Batterie plötzlich so stark erschöpfen, dass er auf peripherische Reize nicht mehr antwortet, die ihn sonst aufs Höchste tetanisirten, reizt man aber jetzt immer stärker, so wird man zuletzt doch noch einige Zuckungen erlangen.

Hat man es durch starke Galvanisirung der Herznerven in der Nähe ihres Ursprungs gerade dahin gebracht, dass der normale Reiz, welcher die Nerven im Herzen erregt, nicht mehr wirkt, so wird eine künstlich verstärkte Reizung an dem peripherischen Theil dieser Nerven noch Zusammenziehung hervorrufen.

Der nach dem Eintritt der Erschöpfung des Nerven noch *erregend* wirkende Reiz gestattet, wie leicht einzusehen, seiner Minimalgrösse nach durchaus keine Vergleichung mit dem Reiz, welcher die Erschöpfung bewirkte. Es können zwischen beiden die verschiedensten quantitativen Verhältnisse bestehen.

Wenn wir bei Thieren über die Erschöpfung der Nerven durch Thätigkeit Versuche machen wollen, müssen wir die Veränderung der Nerven *durch den Reiz* möglichst zu vermindern oder zu entfernen suchen. Beim galvanischen Reiz thun wir daher am Besten, abwechselnd gerichtete Ströme durch den Nerven zu senden. *Ferner müssen wir die Circulation des Blutes im Nerven erhalten.* Die Erschöpfung durch den Reiz wird durch die Circulation, wie bereits oben bemerkt, aufs Höchste geschwächt, und einige vergleichende Versuche haben mir gezeigt, dass wenn der Nerv einer Extremität eines Thieres mit Ausschluss der Circulation und derjenige der andern bei Fortdauer derselben galvanisirt wurde, ersterer mehr als vierzehn Mal schneller als letzterer durch den Reiz local erschöpft wurde. Um mich am Galvanometer zu versichern, dass ich hier mit möglichst gleich starken Stromeskräften gearbeitet hatte, durfte ich mich hier freilich nur einseitig gerichteter Ströme bedienen, die durch eine *Wagnersche* magnetelectrische Maschine in rascher Folge geöffnet und geschlossen wurden. Dem Umstande, dass man früher fast nur an abgetrennten thierischen Theilen experimentirte, ist es zuzuschreiben, dass manche Physiologen nur die locale Erschöpfung durch den Reiz kennen, welche die Fortsetzung der Versuche verhinderte, lange ehe Erschöpfung durch Thätigkeit eingetreten war.

Die Reihenfolge, in denen die verschiedenen Erscheinungen der Erschöpfung bei starker anhaltender Reizung hervortreten, werden am besten in den folgenden sehr leicht anzustellenden Versuchen ersichtlich.

Einem Frosch wird das Rückenmark zerstört, (die Circulation dauert darauf immer noch mehrere Stunden fort) und der Plexus ischiadicus einer Seite wird von oben her mit möglichster Schonung aller Gefässe frei präparirt. An zwei Stellen umwickelt man den Plexus mit Metalldräthen, deren anderes Ende man in zwei Quecksilbergefässe taucht. Die umwickelten Stellen werden durch Umhüllung von Wachstafft isolirt und der ganze Nerv wird vor Vertrocknung geschützt. Nun bringt man die beiden Electroden eines kräftigen Electromotors in die Quecksilbergefässe. Der ganze Fuss wird jetzt augenblicklich tetanisch gestreckt,

die Zehen sind weit ausgespreizt und dieser Zustand bleibt vorerst eine Zeit lang unverändert bestehen. Nach 1/4 bis 1/2 Stunde, je nach der Erregbarkeit des Thieres, hat aber bei stets fortdauerndem Reize die frühere starre Anspannung der Muskeln sehr *nachgelassen* und die Zehen haben sich wieder mehr genähert.

So wie man jetzt den Hammer des Instrumentes nur eine Sekunde lang einhält und ihn wieder gehen lässt, erscheint der Tetanus wieder in seiner ursprünglichen Stärke, so kurzer Zeit bedurfte es also nur um eine Erholung, die freilich nur von geringer Dauer ist, zu bewirken.

Es wird hieraus ersichtlich, warum *Marianini* mit unterbrochenen gleich gerichteten Strömen am lebenden Thiere die *Voltasche* Alternativen nie erzeugen konnte. Die Dauer der mit der Hand geleiteten Unterbrechung, so rasch sie auch von Statten geht, musste hinreichen, den Nerven nach einem *einmaligen* Schlage wieder zu restituiren.

Reizt man jetzt den Nerven immer länger, so hat bald der eigentliche Tetanus ganz aufgehört und es treten Wechselkrämpfe an seine Stelle. Alle Muskeln erscheinen in beständigem *Zittern*. Hat man die Extremität vorher enthäutet, so sieht man, dass dies dadurch entsteht, dass einzelne Fascikel eines jeden Muskels zwischen zwei Zusammenziehungen eine längere Ruhepause machen, kein Muskelbündel ist mehr in anhaltender Contraction, aber während die einen ruhen, ziehen sich andere und dann wieder andere zusammen, so dass die Gesammtheit der nur in längeren Zwischenräumen rhythmisch erfolgenden Einzelbewegungen das Bild einer beständigen Unruhe erzeugt.

Theoretisch, scheint mir, lassen sich die in diesem Stadium der Erschöpfung beobachteten Erscheinungen dadurch erklären, dass die nicht ganz in gleichem Grade erschöpften und erschöpfbaren Nerven einer jeden Muskelpartie durch eine momentane Leitung alle Einwirkung auf die Muskeln verlieren, sie sind somit trotz der fortdauernden Anregung zur Unthätigkeit gezwungen, und letztere erlaubt ihnen wieder so viele Kraft anzusammeln, um unter dem Einfluss des ihrer harrenden Reizes sich abermals durch eine momentane Thätigkeit für einige Zeit zu erschöpfen. Die jeweilige Erholung unter dem fortdauernden Einflusse des fremdartigen Reizes ist aber keine ganz vollständige, denn ein Anhalten des Hammers der Maschine, das nicht länger dauert als die Pausen zwischen den Zuckungen, bewirkt, dass beim Wiedereintritt des Stromes die Bewegung im Schenkel zuerst augenscheinlich viel kräftiger auftritt, als es alle vorher beobachteten Zuckungen, auch wenn sie ganz gleichzeitig gewesen wären, hätten bewirken können. Dies könnte freilich auch anders gedeutet werden, dass aber die hier gegebene Deutung die richtige ist, geht aus den Erscheinungen der folgenden, dritten Stufe der Erschöpfung hervor.

Galvanisirt man den Plexus ischiadicus noch immer mit gleicher Stärke fort, so erreicht die Erschöpfung bald einen Grad, in welchem das Zittern und jede Bewegung des Fusses ganz *aufhört;* der Fuss liegt wie todt da. Sobald man aber den Reiz nur einen ganz kurzen Moment unterbricht, wenn man den Hammer nur den sechsten Theil einer Sekunde oder noch etwas kürzere Zeit arretirt, so erscheint beim Wiedereintritt des Stromes eine neue Zuckung, aber nur *eine einzige*, dann bleibt alles ruhig, mag gleich der Strom noch so lange den Plexus durchfliessen.

Dieser letzte Grad der Erschöpfung bleibt, wenn man den Reiz stetig fortwirken lässt, so lange bestehen, bis der zwischen den galvanischen Polen liegende Theil des Nerven endlich durch den Strom seiner Leitungsfähigkeit beraubt wird, der Reiz kann dann nicht mehr auf den untern Theil des Nerven einwirken und letzterer erholt sich wieder, wenn man nun auch mit den unverrückten Polen immer zu galvanisiren fortfährt.

Die Wiedererholung des vom Reize nicht direct betroffenen Nervenstückes lässt sich daran erkennen, dass, während bisher eine Verschiebung des unteren Poles gegen die Peripherie die Erscheinungen kaum veränderte, jetzt eine solche Verschiebung plötzlich den ruhenden Schenkel zu neuen Zuckungen erweckt, die um so *stärker* ausfallen, je *länger* der Reiz das temporär ertödtete obere Stück durchzogen, und dadurch dem unteren Zeit zur Erholung gelassen. Dieser Umstand hat zu Missverständnissen Veranlassung gegeben. Man fand es ohne ganz besondere Hülfshypothesen in manchen Fällen schwer, zu erklären, warum ein Nerv, der im Anfang nach seiner centralen starken Reizung auf peripherisch wirkende Erregungen nicht mehr reagirte, später, bei längerer Fortdauer des centralen Reizes, seine gewöhnliche Erregbarkeit wieder erlangte.

Die Erscheinungen des zuletzt beschriebenen höchsten Grades der Erschöpfbarkeit scheinen durch die Annahme erklärt werden zu können, dass die Leitung im Nerven, nur wenn sie eine gewisse *Stufe der Intensität* erlangt hat, sich durch die Wirkung auf den Muskel ausspricht, dass aber kräftige Reize selbst noch die geringsten Stufen der Leitungsfähigkeit, die sich *nicht mehr* in Bewegung übersetzen, bethätigen können. (Eine Annahme, die durch die von *Du Bois* ermittelten Gesetze des Erscheinens der negativen Stromesschwankung im Einklange steht). Jeder unendlich kleinen Grösse der in der Wiederherstellung begriffenen Erregbarkeit entspricht, so lange der Reiz vorhanden, eine unendlich kleine Grösse der Leitung, und diese muss in der höchsten Stufe der Ermüdung auch den Nerven wieder um so viel erschöpfen, dass es zu keiner Bewegung kommen kann. Ich werde später zeigen, dass das Blut, wenn es als Reiz wirkt, diese Erregung eines Differentials der Empfänglichkeit nicht hervorbringen kann. Es gilt das hier Erörterte nur für starke fremdartige Reize und nur für den höchsten Grad der Erschöpfbarkeit. Zwar kommt in geringeren Graden auch eine solche minimale Erregung zu Stande, aber hier wird diese unmerkliche Thätigkeit noch kein Hinderniss dafür, dass der Nerv sich fortwährend weiter restituire, bis endlich eine neue Zuckung erscheinen kann.

Man darf der hier vorgetragenen Hypothese nicht die Vermuthung entgegensetzen, die lange dauernde Muskelruhe sei kein Product einer fortwährend erneuten Erschöpfung, sondern nur Folge der einmaligen Zuckung bei der Herstellung des Stromes. Diese Zuckung an und für sich müsste eine Erschöpfung von einer *bestimmten* Dauer hervorbringen, während welcher die Bewegung nicht zu wiederholen ist, gleichgültig, ob der Reiz fortdauert oder nicht. Nun können wir aber durch beliebig häufige oder seltene momentane Unterbrechung der Reizung die schwache sichtbare Zuckung mehrmals in der Minute sich wiederholen lassen oder halbe Stunden lang unterdrücken. Es geht daraus hervor: die Erschöpfung bei Nerven, die sich auf der höchsten Stufe der Erschöpfbarkeit befinden, ist zwar nicht direct abhängig vom Reize, sondern von der Erregung, aber *sie ist unabhängig und nicht bedingt von der sichtbar hervortretenden Thätigkeit.* Ja ich wage zu behaupten, und das wird sich in der Folge rechtfertigen, könnte man hier die peripherischen Theile im Beginn der Reizung in einen Zustand versetzen, in welchem die anfängliche schwache Bewegung, aber nicht die Leitung im Stamm des Nerven, *verhindert wäre*, *hervorzutreten*, die Erschöpfung käme ohne Bewegung ganz ebenso zu Stande.

Je kräftiger der angewendete Reiz ist, um so rascher wird er den Nerven in einen höheren Grad der Erschöpfung versetzen.

Die wichtige und bisher so vernachlässigte Lehre von der Erschöpfung der Nerven wurde hier etwas ausführlicher dargestellt, weil sie eine grosse Zahl auffallender physiologischer und pathologischer Erscheinungen erklären kann. Durch pathologische Zustände kann ein

gewöhnlicher Nerv, z. B. der Extremitäten, höhere Grade der Erschöpfbarkeit erlangen; in physiologischer Beziehung ist es in den Plan des Organismus mit eingerechnet, dass die Nerven mancher Organe sich schon normal auf der zweiten oder dritten Stufe der Erschöpfbarkeit befinden, die wir in den Nerven der Extremitäten erst durch längere Ermüdung erzeugen. Gerade die Organe, deren Thätigkeit am regelmässigsten von der Geburt bis zum Tode wiederkehrt, also wie man sich auch ausdrückt, am anhaltendsten ist, haben erschöpfbare Nerven, durch welche die hier so unentbehrliche und für das Leben so nöthige *Abwechselung* in der Thätigkeit, selbst gegen alle willkürlichen und zufälligen Reize, gesichert wird. Die Nerven des Larynx sind unter allen von mir geprüften „willkürlichen“ Bewegungsnerven am leichtesten zu erschöpfen, die Nerven des Herzens befinden sich auf der höchsten Stufe der Erschöpfbarkeit, also auf der vorletzten der Erschöpfung. Eine dauernde Contraction des Herzens, welche alle Lebensthätigkeiten auf's Höchste stören und sehr schnell aufheben müsste, kann daher im lebendigen Thiere gar nicht zu Stande kommen, und andererseits wird durch die regelmässigen Ruhepausen, zu denen das Herz in Folge dieser Einrichtung genöthigt wird, jeder Verlust an Kraft sogleich wieder restituirt, und dadurch eine beständige Wiederholung stets erneuter Thätigkeit möglich, wie sie kein anderer Muskel zeigt.

Hemmungsnerven.

Einige Organe, Herz und Darm, welche im Leben unterbrochene Bewegung zeigen, bieten die Eigenthümlichkeit, dass, wenn man gleich nach dem Tode bei noch kräftigen Thieren die zu ihnen gehenden Nerven mit nicht zu sehr abgeschwächten Inductionsströmen reizt, die Bewegungen nicht, wie man erwarten sollte, anhaltender und kräftiger werden, sondern im Gegentheil sich schwächen, verlangsamen und meistens ganz aufhören, um erst wieder zu beginnen, wenn man den Reiz entfernt, oder wenn er so lange eingewirkt hat, dass man von ihm eine Veränderung der betroffenen Nervenstrecke erwarten darf.

Diese Erscheinungen haben mehrere deutsche Gelehrte so gedeutet, dass die hier betroffenen Nerven nicht eigentliche Bewegungs-, sondern *Hemmungsnerven* seien, in denen zur Abwechselung die Natur einmal ihre gewöhnliche Regel umgekehrt, so dass die Anregung der Nerventhätigkeit statt den Muskel zu *verkürzen*, ihn verlängere.

Es hat sich aber nach meinen Versuchen herausgestellt, dass wenn man diese sogen. Hemmungsnerven mit *aufs äusserste abgeschwächten* Strömen reizt, gegen die andere Nerven wenig mehr empfänglich sind, und nur schwach reagiren, die Bewegung nicht mehr verlangsamt, sondern in der dem Organ eigenthümlichen Weise *vermehrt* wird. Es scheint also, dass wir es hier mit wahren Bewegungsnerven zu thun haben, die aber in Betreff der quantitativen Verhältnisse der reizenden Einwirkungen von den meisten andern abweichen.

Die normale Bewegung der hier in Betracht kommenden Organe zeigt durch ihre regelmässig oder unregelmässig rhythmische Form schon eine grosse Analogie mit denjenigen Bewegungen, die in andern Muskeln bei anhaltender Erregung sich nur einstellen, wenn schon ein vorgeschrittener *Erschöpfungszustand* eingetreten ist. Diese Analogie wird viel vollkommener, wenn wir später nachweisen werden, dass die Nerven z. B. im Herzmuskel wirklich nach einer einmaligen Contraction für eine Zeit lang gar nicht mehr erregbar sind.

Es stellte sich demnach die Aufgabe, zu untersuchen, ob nicht *alle* Bewegungsnerven auf einem höheren Stadium der Erschöpfung die Eigenthümlichkeiten der sogen. Hemmungsnerven annehmen können und müssen.

Es ist unläugbar und dies soll später begründet werden, dass auf die Nerven des Herzens in der Peripherie, d. h. an ihren Endästen, ein vorhandener Reiz periodisch in *Wirksamkeit* tritt. Wenn wir aber den Vagus kräftig tetanisiren, so wird die Wirksamkeit dieses Reizes eine Zeit lang aufgehoben, um dann, sobald wir mit dem Tetanisiren nachlassen, fast unmittelbar oder sehr bald wieder hervorzutreten. Wir müssen nun, um diese Verhältnisse am Schenkel, so gut es gehen will, nachzuahmen, auch zuerst dem Schenkelnerven dadurch den höchsten Grad von Erschöpfbarkeit geben, dass wir mit einem kräftigen Electromotor den Plexus ischiadicus so lange anhaltend discontinuirlichen Strömen unterwerfen, bis die Muskeln des Unterschenkels und der Finger trotz des fortwährenden Stromes gar nicht mehr zittern und die Gelenke sich ganz passiv in jeden Grad der Beugung bringen lassen. Aus dem Vorhergehenden ist es bekannt, dass wir dann nur momentan den Strom zu unterbrechen haben, um bei seinem Wiedereintritt eine einmalige schwache Muskelzuckung zu erzeugen, auf die dann, so lange die Tetanisirung dauert, wieder völlige Ruhe folgt. Wir haben dieselbe jetzt noch so lange fortzusetzen, dass auch eine Pause von 10 Secunden keine bedeutendere Erholung bewirkt, als die eben beschriebene.

Nun müssen wir, um die Analogie mit dem Herzen herzustellen, auch einen unterbrochenen Bewegungsreiz auf das Ende des Ischiadicus in der Nähe des Knies einwirken lassen. Der eine Poldrath eines schwachen einfachen galvanischen Elementes wird in einen Quecksilbernapf in der Nähe des Froschschenkels geführt, der andere Poldrath wird mit einem Pendel (z. B. einer Schwarzwälderuhr), das etwa 1 Secunde zu einer ganzen Schwingung braucht, metallisch verbunden. Neben dem Pendel wird ein Nagel in die Wand geklopft, der bei jeder Schwingung angestossen wird, und von welchem die Fortsetzung des zweiten Poldrathes wieder auf den Tisch zurück in ein zweites Quecksilbergefäss läuft. Aus den Quecksilbergefässen steigen kurze Dräthe, die an den Ischiadicus des Frosches befestigt werden. Ist nun der Hammer des Electromotors, der den Plexus im Becken galvanisirt, angehalten, so wird der Gastrocnemius oder die Finger mit jeder Secunde regelmässig ein Mal zucken, wenn das Pendel den Nagel berührt. Hat man sich mehrfach überzeugt, dass hier alles regelmässig von Statten geht, und dass der Gastrocnemius gehörige rhythmische Zuckungen, wie Pulsationen, hat, so lässt man den Hammer des Electromotors wieder spielen, es erfolgt eine verschwindend kurze Zuckung des Schenkels und gleich darauf *ist alles ruhig*, die Pulsationen des Gastrocnemius sind *gehemmt*, trotz des regelmässig wiederkehrenden Reizes, so lange die abwechselnden Inductionsströme durch den obern Theil des Schenkelnerven oder durch seinen Plexus gehen. Hält man jetzt den Hammer ein, so wird der untere Reiz wieder wirksam. Die Pulsationen in den Fussmuskeln beginnen von Neuem und setzen sich regelmässig fort, bis der freigelassene abwechselnde Strom von Neuem den obern Theil des Nerven reizt.

Am schönsten und deutlichsten wird die Sache, wenn wir eine lange Insectennadel durch den Gastrocnemius stechen, die als Index dient, welcher die Bewegungen vergrössert und mittelst deren man sie auf ein berusstes Glas zeichnen lassen kann. Ich habe diesen merkwürdigen

Versuch hier oft vorgezeigt und auch Herr *Valentin* hat sich von seiner Richtigkeit überzeugt.

In demselben Momente, in dem man das Pendel an den Nagel klopfen hört, hüpft die Nadel jedesmal in die Höhe, sobald man aber den Electromotor gehen lässt, bleibt sie anhaltend ruhig, und ihre Lage dient zum Beweise, dass es nicht etwa eine *Contraction* des Muskels ist, die ihre Excursionen verhindert, sondern dass die Muskeln erschlafft sind.

Es zeigen sich nun folgende weitere Verhältnisse:

1) Lässt man den hemmenden Strom des Magnetelectromotors übermässig lange einwirken, so beginnen dann die Pulsationen des Gastrocnemius erst ganz schwach und bald an Stärke zunehmend wieder von selbst. Der Strom hat dann seine Einwirkung auf den peripherischen Nerventheil dadurch verloren, dass er die zwischen den Polen liegende Nervenstrecke desorganisirt hat, die ihn dann, wie ein todter Leiter, schliesst. So wie man aber in diesem Augenblicke mit dem untern Pol etwas am Nervenstamm herabrückt, beginnt die hemmende Wirkung von Neuem.

Für das *Herz* hat bereits *Weber* gezeigt, dass die Hemmung bei Galvanisirung des Vagus ebenfalls nach einiger Zeit von selbst aufhört. Er betrachtete dies damals als eine eintretende Erschöpfung des Nerven. Ich habe aber schon 1848 in meinen ersten Arbeiten über die Herznerven gezeigt, dass man auf die oben angegebene Weise sich überzeugen könne, dass die Veränderung nur die Strecke zwischen den Polen ergreife und dies wurde nicht lange darauf von *Hoffa* bestätigt.

2) Hat man gleich von Anfang an den Strom des Magnetelectromotors zwar kräftig einwirken lassen, aber nicht so, dass er das Maximum der Stärke hatte, welches man ihm durch Uebereinanderschieben der Rollen ertheilen kann und stockte während des Versuches die Circulation des Thieres, so dass der Nerv immer mehr an Kraft *verliert*, so sieht man, dass der auf den obern Theil des Schenkelnerven einströmende Reiz, der Anfangs vollständig hemmte, jetzt bei jedem Pendelschlage eine, freilich sehr schwache Zuckung hervortreten lässt. Schiebt man unter diesen Verhältnissen die Rolle vor, so dass der Strom kräftiger wird, so entfaltet er wieder vollständig seine hemmende Wirkung. Man kann so mehrmals durch stärkeres Galvanisiren seinen Zweck erreichen, wenn sich der Nerv im Ganzen, *und nicht local* durch den Reiz, abschwächt. Beim Herzen und dem Darm wird nach dem Tode bei Erregung ihrer Hemmungsnerven dasselbe beobachtet, und besonders ist es beim Darm auffallend, so dass man *gar keine Wirkung* mehr erreicht, wenn die Empfänglichkeit der Nerven bis zu einem gewissen Grade gesunken ist.

3) Hat man die Hemmungswirkung auf das Schenkelgeflecht nicht so lange anhaltend fortgesetzt, dass während dessen die Energie des Thieres im Allgemeinen gelitten hat, (was ich in meinen Versuchen nie gethan, obschon ich oft den hemmenden Strom fünf bis zehn Minuten anhaltend wirken liess) so sieht man an der zeichnenden Nadel, dass die *ersten* Pulsationen des Gastrocnemius nach der Unterbrechung des Inductionsstromes auffallend kräftiger und energischer sind als die Pulsationen vor der Hemmung, und dass sie dann allmählich bis zum Normalen wieder abnehmen. Beim Herzen haben *Ludwig* und *Bidder* etwas ganz ähnliches als Nachwirkung der Vagusreizung beobachtet. Es scheint als habe die lange Ruhe die Leistungsfähigkeit des Muskels gehoben. So steigern sich auch die Bewegungen des Darms nachdem sie durch starke Erregung der N. splanchnici oder des Rückenmarks nach *Pflüger*'s Vorgang gehemmt worden.

4) Zur Hemmung wird stets erfordert, dass der Reiz, welcher den obern Theil des Nerven trifft, quantitativ bedeutend den übertreffe, welcher die unterbrochene Bewegung an der Peripherie hervorruft. Dieses Verhältniss kann unbeschadet der Wirkung beliebig vergrössert aber nicht unter eine gewisse Norm verkleinert werden. Ist das erregende galvanische Element am Schenkelnerven etwas zu stark, so fehlt die vollständige Hemmung und während des Tetanisirens setzt der Gastrocnemius seine früheren rhythmischen Bewegungen zwar sehr *geschwächt*, aber noch sichtbar, fort. Ist aber der Inductionsstrom *viel* zu schwach, so zeigt sich die auffallende Erscheinung, dass jetzt keine Hemmung mehr eintritt, sondern während seiner ganzen Dauer jede Pulsation sehr *deutlich verstärkt ist.* Man kann diese Verstärkung durch Verschieben der inducirten Rolle und dadurch bewirkte Kräftigung des Stromes des Electromotors augenblicklich in Hemmung überführen, man kann die Hemmung durch die umgekehrte Manipulation wieder zu Verstärkung werden lassen, vorausgesetzt, dass die angewendeten galvanischen Apparate Spielraum genug gewähren.

Es zeigt sich ferner, dass, wenn der Nerv an Kraft *abnimmt*, die verstärkenden sehr schwachen Reize gerade wie die stärkeren hemmenden an Kraft *zunehmen* müssen. Es muss zur Erzielung desselben Effectes ein stets stärkerer Strom genommen werden, so dass am Ende des Versuches ein Strom als verstärkend auftritt, der noch am Anfang mehr als genügend war, alle Bewegungen des Fusses vollständig zu hemmen.

Aber auch die eigentlich sogenannten Hemmungsnerven des Herzens und des Darms zeigten mir ganz analoge Verhältnisse. Schon vor mehr als 10 Jahren habe ich die Vermehrung und Kräftigung des Herzschlags durch eine äusserst weit getriebene Schwächung des durch den Vagus gesendeten Inductionsstromes beschrieben, auch hier habe ich gefunden, dass diese Schwächung um so beträchtlicher sein muss, je kräftiger das Thier ist. Für den Darm gelten ganz dieselben Gesetze.

5) Hat man eine Zeit lang die Excursionen der Nadel gehemmt oder verstärkt, und hält nun plötzlich den Hammer des Electromotors an, so hört man oft das Pendel noch ein-, ja manchmal zweimal wider den Nagel stossen, ehe die regelmässigen Zuckungen wieder beginnen. Längere Galvanisirung des Plexus ischiadicus hat also eine kurze *gleichartige* Nachwirkung, ehe die, wenigstens für die Hemmung sehr deutliche unter 3) beschriebene *entgegengesetzte* Nachwirkung eintritt. Auch hierin Uebereinstimmung mit dem Herzen, welches oft noch ruht, wenn die Reizung des Vagus schon einige Zeit unterbrochen ist. Hingegen kommt beim Herzen der Frösche und sehr junger Säugethiere nach Ueberreizung der Vagi manchmal eine allmähliche Wiederherstellung der Pulsation vor, die erst schwach und sehr beschränkt ist, aber nach und nach mit jedem Schlage an Kraft und Umfang gewinnt. Dies habe ich bis jetzt am Gastrocnemius noch nicht beobachtet. Vermuthlich kommt beim Herzen dieses anfänglich so unentschiedene Schlagen in den angeführten Fällen daher, dass der relativ schwache Reiz, welcher es zur normalen Contraction treibt, mit der Nachwirkung der Ueberreizung gleichsam in Conflict geräth, während der viel stärkere künstliche Reiz, der die Pulsationen des Gastrocnemius bedingt, sich viel nachdrücklicher und schneller in seinem ganzen Umfang geltend machen kann.

Wir sehen also, dass, wenn man nur den Nerven der hintern Extremitäten den Grad von Erschöpfbarkeit verleiht, der, wie gezeigt werden soll, den Herznerven zukommt, man vom obern Theil des Ischiadicus aus alle Erscheinungen hervorrufen kann, die wesentlich als Eigenthüm-

lichkeiten der sogenannten *Hemmungsnerven* betrachtet wurden; der Plexus ischiadicus wird so zum „Hemmungsnerven“ für den Gastrocnemius.

Eine so vollständige Uebereinstimmung in den Resultaten lässt mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine Gleichheit der sie bewirkenden Umstände schliessen und so glaube ich mich denn berechtigt, die an sich schon sehr verdächtige Annahme von *Hemmungsnerven* zu verwerfen und in den angeblichen Beweisen für ihre Existenz nur das Resultat der Ueberreizung sehr erschöpfbarer *Bewegungsnerven* zu erblicken. Dieser hohe Grad von Erschöpfbarkeit wird, ich hebe es nochmals hervor, beim Herzen nicht bloss a posteriori angenommen, sondern er lässt sich im Einzelnen auch direct nachweisen.

Aber auch abgesehen von der Möglichkeit, analoge Zustände an den Bewegungsnerven der hinteren Extremität herzustellen, dürften wir nicht mehr von Hemmungsnerven reden, seitdem es bewiesen ist, dass dieselben bei geschwächter Reizung die Bewegung gerade hervorrufen oder bethätigen.

Der einzige Beweis für die Hemmungsfunction dieser Nerven bestand eigentlich darin, dass sie von relativ mächtigen Inductionsströmen betroffen, die Wirkung eines peripherischen im normalen Zustande wirksamen Bewegungsantriebes aufhoben, wogegen sie auch dann nicht im Stande waren, künstlich mehr oder weniger verstärkte peripherische Antriebe zu neutralisiren. Betrachtet man aber diese Beweisführung genauer, so sieht man, dass der gewöhnlichen Erregung der Nerven und den uns hier beschäftigenden Versuchen nur *ein einziger* Punkt gemeinschaftlich zukommt, nämlich, dass in beiden stärkere galvanische Ströme angewendet wurden, und dass man ohne alle Berechtigung als feststehend annahm, starke galvanische Erregung sei stets Bethätigung der Function. Konnte nicht ein Blitzschlag diese Voraussetzung vernichten? Es hat sich auch sogar gezeigt, dass die Organe, denen man allgemein Hemmungsnerven zuschrieb, gar keine eigentlichen *Bewegungs*nerven besitzen würden, während doch klar ist, dass ihre Bewegung von den Centren aus nicht bloss gehemmt, sondern auch angeregt werden kann.

Unverkennbar ist die Analogie, welche zwischen den hier beschriebenen Erscheinungen und den Wirkungen schwacher *constanter* Ströme besteht, wie sie *Pflüger* entdeckt hat (siehe oben pag. 93). Auch das Analogon der von mir bemerkten Nachwirkung dieser Ströme fehlt nicht, denn wir haben auch hier eine *Verstärkung* der Thätigkeit nach Aufhören der hemmenden Wirkung (vergl. oben pag. 94). Aber was sehr zu beachten ist, jene Resultate *Pflügers* sind die Wirkungen eines constanten gleichgerichteten Stromes und vermuthlich des von ihm erzeugten Electrotonus. Wir wenden aber hier zum Hemmen und zum Verstärken der Bewegung einen rasch und beständig wechselnden und sich umkehrenden Inductionsstrom an.

Dennoch dürfte möglicherweise im Electrotonus der Schlüssel zum Erfolg beider Versuchsreihen liegen. Da wo der abwechselnde Strom die peripherische Bewegung bethätigt, kommen auf jeden einzelnen peripherischen Reizvorgang eine Reihe hemmender und eine Reihe fördernder Momente und bei ihrer schnellen Folge können letztere, die allein positive Wirkung haben, die ersteren vielleicht ganz verhüllen, indem sich ihre Nachwirkungen auf die Muskelfaser an einander schliessen. Was gewöhnlich bei Versuchen mit dem Electromotor als Begleiterin oder Erzeugerin anhaltenden Krampfes die Wirkung des Electrotonus und sein Hervortreten am Galvanometer hindert, ist die Stärke der im Nerven vorhandenen *negativen* Schwankung. Nun habe ich aber am Galvanometer gefunden, dass wenn man einen Schenkelnerven in den hier geforderten Grad der Erschöpfbarkeit versetzt hat, wo er, wie der Vagus, als Hemmungsnerv wirken kann, die negative Schwankung beim Tetanisiren mit abwechselnden Strömen sich nicht mehr durch die Bewegung der Nadel verräth. Ist letztere nach Auflegen des Nerven im langsamen Rückschwung von der dem Nervenstrom entstammenden Ablenkung, und man tetanisirt, so bleibt die Nadel meistens plötzlich wie gehemmt stehen, um sogleich nach dem Aufhören des Tetanisirens weiter langsam

zurückzugehen. Mehrmals aber sah ich sogar wieder eine schwache positive Ablenkung von 1 — 3 Graden. Wir haben hier den Ausdruck des Uebergewichts der positiven Phase des Electrotonus. Wie stark hier im einzelnen Moment aber der Electrotonus wirklich hervortritt, kann natürlich wegen des schnellen Wechsels durch die Nadel auch nicht einmal *entfernt* angedeutet werden. Sind nun die Herznerven, die Darmnerven im kräftigen Zustande bei starker Reizung mit dem Electromotor einer negativen Schwankung fähig, die den Electrotonus kräftiger besiegt? Bestimmt ist dies vorläufig nicht zu entscheiden, aber einige Versuche an ganz frischen Säugethiernerven lassen mich mit Wahrscheinlichkeit behaupten, dass auch in dieser Beziehung die „Hemmungsnerven" vor den erschöpften Bewegungsnerven der Extremitäten nichts Wesentliches voraus haben. Wenn sich diese Versuche bei öfterer Wiederholung und weiter gehender Prüfung bestätigen, so sind wir hiermit auf dem Wege zu dem erwünschten Ziele eines electrophysiologischen Ausdruckes der „hemmenden" Wirkung, welche Bewegungsnerven unter gewissen Bedingungen nach Erregung durch Inductionsströme zeigen. Die kurz andauernde Hemmung durch sehr heftige, mechanische und chemische Eingriffe auf die Vaguswurzeln, die ich am Herzen beobachtet, würde dann vielleicht als Folge der weiter zu verfolgenden Unregelmässigkeiten des Nervenstromes entstehen, welche *Du Bois* l. c. pag. 552 nach sehr heftigen Misshandlungen der Nerven beobachtet hat.

Bei dieser Gelegenheit muss ich bemerken, dass ich mich neuerdings überzeugt habe, dass auch etwas stärkere constante Ströme, die bei den gebräuchlichen Batterien schon als absolut hemmende auftreten, noch nach der von *Pflüger* beschriebenen Weise die Wirkung anderer Reize zum Theil erhöhen können, wenn letzteren nur noch hinreichende relative Mächtigkeit ertheilt wird.

DRITTER ABSCHNITT.

Leitung der Empfindung und Bewegung in den Centraltheilen.

Wir verfolgen hier die Bahnen, durch welche die auf dem Wege die Gefühlsnerven in die Nervencentra eindringenden Erregungen in denselben fortgeleitet werden, bis sie die verschiedenen Stellen des Nervensystems erreichen, an denen sie Bewegungsantriebe auslösen können. Wir haben ferner zu untersuchen, wie diese Bewegungsimpulse sich von ihrem Ursprunge durch die Gewebe der Centraltheile hindurch bis zu den entsprechenden Primitivfasern der motorischen Nervenwurzeln fortpflanzen, und warum bestimmte Empfindungen bestimmten Bewegungen entsprechen.

Es stellt sich uns ausserdem die Frage, unter welchen Bedingungen eine beschränkte Anregung der sensibeln Nerven noch die centrale Thätigkeit anderer sensibler Elemente erweckt, um so eine mehr oder weniger zusammengesetzte Empfindung zu erzeugen, welche als solche erst auf den bewegenden Apparat übertragen wird; wo der Ort und das histologische Substrat dieser gegenseitigen Anregung der Empfindungen sei, wo sie sich positiv als *Vorstellungen* und negativ als *Abstractionen* summiren, wo und wie sie sich als Erfahrung fixiren und an welchen Stellen der Centra *zusammengesetzte* Bewegungen hervorgebracht werden können.

Dies sind unsere Aufgaben. Man begreift leicht, dass sie die höchsten Probleme der Physiologie und des menschlichen Denkens umfassen. Nur theilweise und fragmentarisch können wir den Versuch wagen, sie zu lösen. Gerade in Betreff der wichtigsten aber muss ich es schon als einen Gewinn erachten, wenn es mir gelingt, den Leser zu überzeugen, dass unsere Stellung der Frage dem jetzigen Standpunkt des physiologischen Wissens entsprechend ist.

Pathologische Erfahrungen lehren, dass der Ort, in welchem die Reflexthätigkeit ihren höchsten Gipfel erreicht, das *grosse Gehirn* ist.

Hier wird bewirkt, dass eine vereinzelte Empfindung aus irgend einem Körpertheile die mannichfaltigsten Mitempfindungen subjectiver Natur hervorruft, die erst zu einer Gruppe vereinigt als gemeinsame Resultate sehr complicirte Bewegungen zur Folge haben. Es wäre überflüssig, die einzelnen Erfahrungen vorzuführen, auf denen dieser Satz ruht, da er seinem Inhalte nach, wenn er auch je nach dem Standpunkte der einzelnen Schriftsteller in anderer und verschiedener Form ausgesprochen wird, allgemeine Anerkennung findet. Man glaubte ihn sogar, wie wir später sehen werden, selbst auf dem Wege des physiologischen Experimentes erwiesen zu haben.

Wird also jede Empfindung, welche Combinationen sie auch vorher möglicher Weise eingehen könnte, nach dem Gehirn geleitet, wenn sie überhaupt eine *bewusste*, d. h. eine mit den übrigen Sinnesnerven in lebendige Wechselwirkung tretende, werden soll, so können wir die andern Theile des Centralnervensystems als wesentlich *zuleitende* betrachten. Wir dürfen bei der physiologischen Untersuchung verschiedene auch anatomisch getrennte Theile der Centra, das Rückenmark, das verlängerte Mark, das Gehirn, in Bezug auf ihre Thätigkeit bis zu einem gewissen Grade von einander sondern, dürfen, ohne Versündigung gegen die organische Einheit des Thieres, die ersteren, wie dies auch schon die Anatomie anzudeuten scheint, als weniger complicirt betrachten, und versuchen in ihnen die verschiedenen Leitungsbahnen zu erkennen.

I. LEITUNG DER EMPFINDUNG UND BEWEGUNG IM RÜCKENMARK.

Die älteren Schriftsteller sahen im Rückenmarke ein ausschliesslich leitendes Organ und haben es deshalb oft nur als summus nervus corporis bezeichnet. Wäre dem so, dann wären die hier aufzuwerfenden Fragen und die Methoden zu ihrer Beantwortung verhältnissmässig sehr einfache. Wir müssten auf anatomischem und physiologischem Wege erforschen, wie sich die beiden Reihen eintretender Nervenwurzeln zu motorischen und sensibeln Strängen verbinden und wie sie sich mit einander etwa vermischen.

Die Sache ist aber anders. Das Rückenmark ist leitendes *Centralorgan*, in seinem eigenen Verlaufe kann es schon Eindrücke, welche die hinteren Nervenwurzeln treffen, auf die vorderen „reflectiren“ und dadurch gewisse Empfindungen in Bewegungen umsetzen. Wir haben also nicht nur auch diese Thätigkeitsäusserung für sich in's Auge zu fassen, sondern bei der Prüfung der Leitungsbahnen beständig auf sie Rücksicht zu nehmen. Die ganze Untersuchungsmethode wird abhängig sein von den Bedingungen der *Reflexthätigkeit*, die wir daher vor Allem einer Betrachtung zu unterziehen haben, bei welcher dieselbe in ihrem ganzen Umfang, und nicht bloss wie sie sich am Rückenmark zeigt, zu berücksichtigen ist.

Wären wir nicht vertraut mit den Gesetzen der Reflexthätigkeit und wollten wir die Function der einzelnen Markstränge in Betreff der Leitung erforschen, so ist es klar, dass wenn wir nach Reizung der Hinterstränge intensive Bewegung entstehen sehen, wir auf eine motorische Thätigkeit der letzteren schliessen würden, während dieselben keine motorischen Fasern besitzen. Umgekehrt würden wir Bewegungen, die nach Reizung motorischer Theile entstehen, sehr leicht mit wahren Reflexbewegungen verwechseln.

A. *Reflexthätigkeit.*

Sie zeigt sich in verschiedener Intensität, je nach den verschiedenen Thierklassen, je nach dem Alter der Thiere, je nach individuellen begünstigenden oder schwächenden Verhältnissen.

a) In Betreff der Thierklassen ist sie immer schwächer ausgesprochen bei den Säugethieren. Unter diesen soll sie nach ***Chauveau*** bei den Pferden am intensivsten hervortreten. Unter den von mir untersuchten kleineren Säugethieren fand ich sie beim Igel am stärksten, wenn das Rückenmark in der Cervikalgegend abgetrennt war.

Geschieht die Trennung am Dorsalmark, so gehört der Igel gerade zu den Thieren, die fast gar keine Reflexbewegung zeigen, weil in der Dorsalgegend hier schon das untere Ende des Rückenmarkes liegt, und so der Schnitt den Austrittsstellen der Nerven zu nahe kommt. Eine ähnliche Anordnung fand ich beim Murmelthier. Vergleiche über den Igel auch ***M. Hall's*** Abhandlungen von Kürschner 1840, pag. 17.

Die Fische sollen nach ***Sequard*** im Allgemeinen noch schwächere Reflexbewegung als die Säugethiere vom Rückenmarke aus zeigen. Beim Aal und beim Karpfen fand ich sie aber stärker als bei Säugethieren und auch ***Brown Sequard*** gibt zu, dass diese beiden Arten und die Schleien Ausnahmen von seiner Regel bilden. Zu diesen Ausnahmen müssen nach ***O. Fabricius*** auch die Haifische (Squ. glacialis) gerechnet werden und wahrscheinlich dürfte sich ihre Zahl noch viel vermehren, wenn wir auch Branchiostoma und anderen ganz niedrigen Formen absehen wollen. Merkwürdig ist, dass während der Aal nach der Enthirnung so lange und starke Reflexbewegung zeigt, diese beim Zitteraal (Gymnotus) nach ***Humboldt*** so schwach ist und so schnell verschwindet.

Die ***Reptilien*** scheinen im Allgemeinen schwächere Reflexbewegungen zu zeigen als die Amphibien und stärkere als die Säugethiere und Fische. Ueber die Schildkröten, an denen man so viel in dieser Beziehung experimentirt hat, existiren merkwürdiger Weise gar keine zuverlässigen Beobachtungen, bei denen der Einfluss des verlängerten Markes ausgeschlossen worden. Schlangen zeigen viel kräftigere Reflexbewegungen als Eidechsen. Die energischen Bewegungen abgerissener Eidechsenschwänze kommen, wie schon oft richtig bemerkt wurde, von der in den Schwanzwirbeln befindlichen Fortsetzung des Rückenmarks.

Bekannt ist die sehr grosse Energie der Reflexbewegungen bei den ***Amphibien***, sie gelten gewöhnlich als das Maximum, was die Natur in dieser Beziehung leistet. Unter den ***Anuren*** ist sie am stärksten bei den Bombinatoren, dann kommen die Frösche und zuletzt die Kröten. Bei diesen gilt sie nach ***M. Hall*** für viel schwächer als bei den Fröschen und man hat gefragt, ob Verschiedenheiten im anatomischen Bau des Rückenmarkes daran Schuld seien. Allerdings ist es so, aber die Verschiedenheiten sind nur sehr äusserliche. Das Rückenmark der Kröten ist kürzer und breiter und daher treffen scheinbar gleich hoch angebrachte Schnitte bei den Kröten die Nervenwurzeln näher als bei den Fröschen.

Unter den ***Urodelen***, wo das Reflexvermögen das der Anuren überwiegt, sind von den inländischen die Tritonen am meisten bevorzugt, und da diese fälschlich oft als Salamander bezeichnet worden, hat es in der physiologischen Literatur unnützen Streit und sogar beleidigende Verdächtigungen gegeben, weil manche Versuche, die an Tritonen angestellt waren, an Salamandern nicht bestätigt werden konnten. Besonders haben ***Triton cristatus*** und ***marmoratus*** ein starkes Reflexvermögen.

Die ***Vögel*** haben, wie schon das vorige Jahrhundert wusste und wie es in neuerer Zeit ***Brown-Sequard*** mit Recht hervorgehoben, von allen Wirbelthieren

das stärkste Reflexvermögen im Rückenmark. Es spricht sich nicht nur durch ausserordentlich energische Bewegungen aus, sondern kann auch, wie das der Reptilien und Amphibien, aber ungleich lebhafter, wochenlang im hinteren Theil des Körpers anhalten, wenn man ein Stück des Rückenmarkes zerstört und dadurch die Communication des Markendes mit dem Hirn gänzlich abgebrochen hat. Selbst nach Zerstörung der Lendenanschwellung können die Bewegungen des Schwanzes auf Reize noch unbegränzt lange fortdauern. Hat man das Mark in der Rückengegend einfach getrennt, so sind die beim geringsten Reiz entstehenden Bewegungen der Füsse so lebhaft und so häufig, dass sie das Thier umwerfen, im Fressen stören u. s. w., so dass es viel schwerer wird, einen Vogel mit einfach durchschnittenem Rückenmark lebend zu erhalten, als einen solchen, bei dem das Mark von der Schnittwunde nach abwärts zerstört ist.

Aus dieser Uebersicht geht hervor:

1) dass die gewöhnlich angenommene Meinung nicht haltbar ist, nach welcher die Reflexbewegungen bei kaltblütigen Thieren lebhafter als bei warmblütigen seien. Die kaltblütigen Fische zeigen die schwächste, und die stärkste die Vögel, welche bekanntlich die warmblütigsten Wirbelthiere sind. Die Säugethiere stehen zwischen Fischen und Reptilien.

2) Auch das Verhältniss der Masse des Rückenmarkes zu der des Gehirnes ist ohne Einfluss. Dass das grössere *Volum* des Rückenmarks im Vergleich zum Gehirn nicht eine grössere Ausbildung der Reflexbewegung bedinge, wie man hie und da angenommen hat, wird durch die vorstehende Uebersicht und am schlagendsten dadurch bewiesen, dass gerade die Haye, bei denen das Hirn so entwickelt ist, dass es im Verhältniss zum Rückenmark viel grösser ist, als bei den meisten der andern Fische, stärkere Reflexbewegungen zeigen. Bei den Vögeln ist das Rückenmark relativ weniger voluminös als bei den kleineren Säugethieren.

3) Die Stärke der Reflexbewegungen scheint abzuhängen von dem Verhältniss der grauen zur weissen Substanz des Rückenmarkes. Dies ist auch die Ansicht von *Brown Sequard* und sie wird durch die eben gegebene Uebersicht begründet. Bei den Fischen ist im Allgemeinen die Ausdehnung der grauen Substanz so schwach, dass *Desmoulin* ihre Existenz läugnen konnte. Nehmen wir den Ausdruck graue Substanz in dem allgemein gebräuchlichen Sinne, ohne die in neuerer Zeit vorgeschlagene auf noch sehr mangelhafter Basis beruhende Unterscheidung zwischen Ganglien und Zellgewebesubstanz zu berücksichtigen, so ist es nicht zweifelhaft, dass ihre Anhäufung im Allgemeinen von den Fischen zu den Säugethieren, Reptilien und Amphibien in der angegebenen Reihenfolge wächst, und dass sie im hinteren Theil des Rückenmarkes bei den Vögeln noch stärker ist.

b) Jüngere Thiere sollen stärkere Reflexbewegungen zeigen als ältere. Dies gilt, wie *Brown Sequard* bereits bemerkt, nur unzweifelhaft von den *Säugethieren*. Hingegen kann ich dem genannten Forscher nicht ganz beistimmen, wenn er behauptet, dass gewöhnlich auch bei Säugethieren 10 bis 12 Tage nach der Geburt die Reflexbewegung stärker sei, als beim Neugebornen. Sehen wir von dem Umstande ab, dass die Bewegungen der Muskeln im Ganzen nach der angegebenen Zeit viel kräftiger werden, was leicht zu einem Irrthum führen kann, so konnte ich, wenn ich nur die jungen Thiere gehörig warm hielt, was später nicht so nöthig ist, den angegebenen Unterschied nicht deutlich bemerken. Vögel zeigen, wie ich bestätigen kann, in der ersten Jugend schwächere Reflexbewegungen als später. Frösche ergeben in verschiedenem Alter keinen deutlichen Unterschied.

c) Als besondere Verhältnisse, welche auf die Reflexbewegung von Einfluss sind, sind hervorzuheben:

1) die Jahreszeit, welche bei Fröschen und wahrscheinlich bei allen Winterschläfern, ihren Einfluss auf die Reizbarkeit im Allgemeinen geltend macht. Frösche sind im Winter, im Frühling und Herbst zu Versuchen über Reflexbewegung am tauglichsten. Im Sommer ist letztere am schwächsten.

2) Der Einfluss gewisser Gifte steigert die Erregbarkeit des Rückenmarks und des verlängerten Marks und erhöht dadurch die Reflexthätigkeit in ungeheuerem Maasse. Dies thun besonders die Narkotika, ehe sie lähmend einwirken. Haben wir z. B. einen Frosch oder ein Säugethier mit Strychnin vergiftet, so wird sehr bald das verlängerte Mark so erregbar, dass die Berührung der Füsse des laufenden Thieres mit dem Boden oder die Erschütterung bei der Bewegung als ein Reiz wirkt, welcher zuerst ein steiferes Ausstrecken der Hinterbeine hervorbringt, durch welche der Gang ein unbeholfenes Aussehen bekommt und etwa, von hinten gesehen, dem eines galoppirenden Pferdes gleicht; wenige Sekunden später sind auch die Muskeln der Vorderbeine steifer und fast gleich darnach fällt das Thier in einem Anfall allgemeinen Starrkrampfes auf die Seite. Dieser Starrkrampf ist von kurzer Dauer, wenn man das Thier (die Versuche sind besonders an Hunden gemacht) ganz sich selbst überlässt. Berührt man es aber während der Erholung an irgend einer Stelle des Körpers, so genügt dieser schwache sensibele Reiz, um sogleich alle Muskeln wieder vorübergehend in höchste tetanische Spannung zu versetzen. Hat der Hund sich vom ersten Anfall erholt, so scheint seine Erregbarkeit plötzlich wieder sehr gemindert zu sein, er kann wieder umhergehen, springen u. s w. Aber nach kurzer Zeit kommt ein neuer heftigerer Starrkrampf, von dem ebenfalls eine temporäre Erholung noch möglich ist, gewöhnlich aber ist nach seinem Aufhören die Erregbarkeit bleibend so sehr gesteigert, dass schon der Versuch sich zu erheben als ein neuer Reiz wirkt, der einen dritten Anfall von Tetanus erzeugt. Das Thier bleibt nun auf dem Boden liegen und jede Erschütterung, und noch viel mehr jede Berührung, erzeugt auf's Neue die stärksten Anfälle von tetanischem Muskelkrampf. Auch scheinbar ohne äussere Veranlassung treten in immer länger werdenden Zwischenzeiten solche Krämpfe von selbst ein und ihre Intensität ist um so schwächer, ihre Dauer um so kürzer, ihre Ausdehnung um so beschränkter, je näher das Thier dem Tode ist. Vermuthlich sind diese anscheinend spontanen Krämpfe nur die Folge einer periodisch wiederkehrenden höheren Erregbarkeit, welche schon die Berührung des Thieres mit dem Boden zu einem auf alle Muskeln ausstrahlenden Reize macht. Diese periodische Steigerung zeigt sich bei Säugethieren sehr deutlich in der Zwischenzeit, welche die ersten Krämpfe trennt und bei Fröschen kann man die stets länger werdenden Pausen, die stets kürzer werdenden Anfälle mehrere Tage lang beobachten, und die Thiere sind dann in der Zwischenzeit so geschwächt, dass sie todt zu sein scheinen und schon oft für todt gehalten worden sind. Es bedarf in der That einer Beobachtung von mehreren Stunden, um mit Sicherheit sagen zu können, dass ein mit Strychnin vergifteter Frosch todt sei, und es ist ein Irrthum, wenn man behauptet hat, der Starrkrampf gehe hier immer unmittelbar in Todtenstarre über.

Es ist leicht zu beweisen, dass wir in diesen Krämpfen nur Reflexbewegungen und keine unmittelbare Erhöhung der Reizbarkeit der motorischen Nerven vor uns haben. Hat man die sensibeln Nerven eines

Gliedes bei einem Frosch durchschnitten, so kann man, wenn man Erschütterung des ganzen Körpers vermeidet, von diesem Theile aus keinen Tetanus mehr hervorrufen und wenn man seine motorischen Nerven reizt, so reagiren diese nicht wesentlich anders, als motorische Nerven eines unvergifteten Thieres. Ferner nimmt nach Durchschneidung der motorischen Nerven eines Gliedes dasselbe auch an den heftigsten Krämpfen des übrigen Körpers keinen Antheil mehr, während diese Nerven doch ebenfalls von dem mit Strychnin geschwängerten Blute getränkt werden, also geht die veränderte und verstärkte Anregung vom Centrum auf die bewegenden Nerven über.

Es lässt sich nun auch der Beweis führen, dass das Centrum nicht deshalb stärker reflectirt, weil im vergifteten Zustande die sensibeln Nerven reizbarer geworden sind und darum Reize, die ihnen im Normalzustande fast indifferent sind, den Centren als solche zuführen, welche ihre Thätigkeit auf's höchste erregen müssen. Denn in den späteren Stadien der Vergiftung bei Fröschen sieht man deutlich, dass die Erregbarkeit der Empfindungsnerven *geringer* geworden ist als normal, weil verhältnissmässig starke Reize dem scheintodten Thiere noch keine Bewegung abzwingen. Steigert man aber den Reiz, z. B. den elektrischen, so kommt ganz plötzlich eine Stufe, in der das Thier mit dem *Maximum* der Muskelthätigkeit antwortet, deren es noch fähig ist. Daraus aber, dass es nicht möglich ist, eine Thätigkeit *unter* dem jedesmaligen Maximum auch durch noch so vorsichtige Reizung zu erwecken, geht hervor, dass die Centra auf ein *Minimum* der zu ihnen gelangenden Anregung ganz excessiv reflectiren, während die hier gerade schon unempfindlicher gewordenen Nerven einen *starken* Reiz brauchen, um nur in Minimo erregt zu werden.

Das Centrum, welches das Strychnin bei allmählicher Einwirkung *zuerst* ergreift, ist die Medulla oblongata. Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man das Rückenmark am Halse durchschneidet. Bei Fröschen sowohl als bei Säugethieren sah ich, wenn ich diese Operation nur früh genug ausführte, die unter dem Schnitt gelegenen Theile vom Starrkrampf anfangs verschont bleiben. Bald aber wird auch das Rückenmark mit ergriffen und dann nehmen alle Theile bis zum Schwanze an den Zuckungen Theil. Merkwürdig ist nun, was ich bei Fröschen beobachtet, dass wenn nur die Dosis des Giftes nicht zu stark war, so dass sie allmählich einwirken kann, ein Querschnitt weiter hinten durch das Rückenmark wieder die krampfhaften Bewegungen für einige Zeit aufhält, so dass sie, wenn der zweite Schnitt in die Brustwirbel traf, jetzt wohl die vorderen, aber nicht die hinteren Extremitäten befallen. Endlich wird auch die Reflexthätigkeit im hinteren Rückenmarkstheil direct gesteigert, so dass also das Gift, wenn ihm das fliehende Leben die Zeit lässt, seine excitirende Wirkung auf die Reflexthätigkeit vom Kopf gegen das Ende des Markes hin zu verbreiten scheint. Nie habe ich, nach Application des Giftes auf die Schleimhäute oder in's Unterhautzellgewebe, gesehen, dass das Rückenmark der Frösche *bis zu seinem Ende* in erhöhter Thätigkeit war, wie dies nach Aufstreuen von Strychnin auf das Mark selbst zu erlangen ist. Die Symptome aber erstrecken sich schon von Anfang an über den ganzen Körper, weil seine Bewegungsnerven schon im verlängerten Mark alle vertreten sind, und nur das Fortschlagen der Lymphherzen neben dem Steisse verräth, dass die Vergiftungswirkung nicht bis zu dem letzten Lendentheile herabrückt.

Wenn sich die Thiere nach der Vergiftung nicht bewegen, sondern möglichst ruhig bleiben, so dass eine geringere Zahl von Reizen die be-

reits erhöhte Erregbarkeit spornt, so kann der erste Tetanusanfall erst dann eintreten, wenn bereits das Rückenmark selbst ergriffen ist.

Aehnlich dem Strychnin wirkt das Opium, welches noch rascher zur Abstumpfung führt. Bei Säugethieren kann es die letztere sogleich von Anfang erzeugen, bei Fröschen fehlen die Starrkrämpfe nie.

Chloroform und Aether erhöhen kurz vor der völligen Betäubung ebenfalls die Reflexbewegung, es kommt aber verhältnissmässig selten zu ausgesprochenen Starrkrämpfen, welche gerade die höchste Stufe gesteigerter Reflexthätigkeit darstellen. Es scheint, dass diese Stoffe leichter zu Tetanus führen, wenn man sie durch den Mastdarm, als wenn man sie durch die Lunge in den Kreislauf bringt. Im ersteren Fall sieht man manchmal die Thiere in einem solchen Zustand erhöhter Erregbarkeit, dass jedes Anklopfen auf den Tisch, ja die Erschütterung, welche unser Umhergehen im Zimmer bewirkt, die heftigste Spannung aller Muskeln hervorruft.

Auch bei der Alkoholvergiftung geht der völligen Depression eine Steigerung der Reflexthätigkeit vorher und eine Menge anderer giftiger Stoffe können Aehnliches bewirken.

Nur wenige Gifte tödten bei reichlicher Einfuhr, ohne vorher irgend eine Steigerung der Reflexbewegung direct oder indirect (das Letztere in Folge von Anhäufung der Kohlensäure im Blute) veranlasst zu haben. Zu diesen primitiv deprimirenden Stoffen gehört das Curare oder wenigstens viel Arten desselben. Die Thiere sterben nach seiner Anwendung ganz allmählich ohne eine Spur von Convulsionen, und es ist mir und Andern manchmal vorgekommen, dass wir glaubten, das Gift habe noch gar nicht gewirkt, das Thier ruhe sich nur aus, und bei seiner Berührung waren wir erstaunt, es todt zu finden.

3) Wenn ein Reiz nicht durch seine excessive Grösse, oder durch eine verbreitete Steigerung der reflectirenden Thätigkeit der Centra überall, wohin er ausstrahlt, an und für sich schon das *Maximum* der Muskelcontraction auslösen muss, so sind die von ihm hervorgerufenen Bewegungen um so intensiver, um so energischer, und erfolgen um so sicherer, je mehr man die Zahl der centralen Nervenröhren, mit denen die gereizte Empfindungsfaser in Wechselwirkung treten kann, künstlich *beschränkt* hat. Dies gilt natürlich nur unter dem Vorbehalt, dass der künstliche Eingriff nicht die gesammten Lebensäusserungen des Thieres oder derjenigen der Markparthie, welche die noch vorhandenen Leitungswege durchsetzen, zu sehr beeinträchtige.

Von den hierher gehörigen Erscheinungsreihen ist bloss *eine* allgemeiner bekannt, welche sich auf die Entfernung des *Gehirnes* bezieht. Hat man einen Frosch oder eine Eidechse geköpft, so beantworten sie, nachdem der erste erschütternde Eindruck der Operation vorüber ist, bestimmte Eingriffe, z. B. das Berühren oder Kneipen der Bauchhaut viel sicherer und durch viel auffallendere Bewegungen, als vor der Operation bei noch bestehender Wechselwirkung mit dem Gehirn. Dies beweist aber nicht, wie man angenommen hat, geradezu eine *Erhöhung* der Reflexthätigkeit, sondern ist bloss eine Folge der von ihr jetzt eingehaltenen einseitigeren Richtung.

Fassen wir zunächst nur die *Richtung* in's Auge, welche die Gegen wart des Gehirns den Reflexbewegungen gibt, so sehen wir, dass sie auf doppelte Weise mit der dem Rückenmark unmittelbar entspringenden in Conflikt kommen und letztere schwächen kann.

a) Als Effect der Reizung selbst kann das Gehirn eine Reihe consecutiver Vorstellungen erzeugen, welche sich auf die Muskeln in ganz

anderer Weise reflectiren, als der dem *Rückenmark* ertheilte Antrieb, der also dadurch an und für sich nicht vernichtet, nicht geschwächt ist, dessen *Effect* aber verhindert wird, frei hervorzutreten. Reizen wir die Rückenhaut eines unversehrten Frosches, so wird der spinale Reflex den Schenkel der gereizten Stelle zu nähern streben, der mächtigere cerebrale aber die entstandene Empfindung mit dem Bilde eines angreifenden Feindes verbinden und dieser sensorische Complex muss sich ebenfalls auf die Muskeln des Schenkels, aber in ganz anderer Weise reflectiren. Das Thier wird dadurch genöthigt, sich zur Flucht vorzubereiten, es zieht die Schenkel zunächst enger an den Bauch und erhebt sich auf den Vorderfüssen. Der, wahrscheinlich durch die Combination seiner anregenden Ursache mit andern, von letzterer erst erzeugten Empfindungen mächtigere, Hirnreflex *verdeckt* nicht nur den spinalen, sondern er ruft auch *ausgebreitetere* Bewegungen in verschiedenen Gliedern hervor, und durch diese Zerstreuung der Wirkung erscheint oft die Bewegung in dem Gliede, auf welche das Rückenmark den ganzen Antrieb allein *concentrirt* hätte, weniger *kräftig*, als bei bloss spinalem Reflexe. Der Fall kann sogar eintreten, dass die cerebrale Thätigkeit mit der spinalen vollkommen interferirt, dass die vom Hirn hervorgerufene Bewegung bei gleicher Grösse mit der spinalen gerade die entgegengesetzte Richtung hat, und das Thier darum äusserlich ruhig zu bleiben scheint.

b) Das Gehirn kann auch dadurch die vom Rückenmark ausgehenden Reflexe anscheinend schwächen, dass von ersterem aus schon *vorher* die bei der Bewegung betheiligten Muskeln auf andere Weise in Anspruch genommen sind. Gesetzt, wir hätten, wie man sich ausdrückt, den „Vorsatz", den Fuss beim Kitzeln ruhig zu halten, d. h. eine Reihe von Sinneseindrücken hätten in dem Gehirn einen Zustand hervorgerufen, dass es nur noch des subjectiven oder objectiven Gesichtseindruckes eines dem Fusse sich annähernden fremden Körpers bedarf, um Flexoren und Extensoren des Fusses gleichmässig oder letztere überwiegend anzuspannen, so wird Kitzeln des Fusses nicht die gewöhnlichen Bewegungen bewirken. Dies geschieht also *nicht etwa, weil das Hirn die reflectorische Thätigkeit des Markes beschränkt*, diese scheint nicht geschwächt zu sein, aber ihr Hervortreten als *Bewegung* stösst in den sie ausführenden Organen auf *schon vorher bereitete* Hindernisse. Auf ähnliche Weise gelingt es uns, den Husten zu unterdrücken, wenn wir vom Hirn aus während des Reizes inspiratorische Bewegungen zu machen genöthigt sind. Wir können aber auch von der Haut aus den Husten verhindern, wenn wir sie plötzlich einen kalten Luftstrom treffen lassen, welcher durch Vermittlung des Markes ebenfalls schnell die Einathmungsmuskeln in Thätigkeit setzt.

Warum die Hirnreflexe bei den Thieren in der Regel mächtiger sind, als die vom Rückenmark ausgehenden, ist noch unklar. Man darf hier nicht die grössere Erregbarkeit der motorischen Faser gegen ihren Ursprung hin in Anspruch nehmen, denn diese gilt empirisch bloss für die peripherischen gemischten Nerven. Aber vermuthlich bildet das Hirn, in welchem sehr viel graue Masse angehäuft ist, einen viel besseren Reflector als das Rückenmark.

Es ist im Vorhergehenden bereits erwähnt, dass das Gehirn auch dadurch den *Ausschlag* der Reflexbewegungen mindert, dass seine Gegenwart eine viel grössere *Ausbreitung* der reizenden Einwirkung gestattet, wodurch für den einzelnen Muskel an Kraft verloren geht. Dieser Umstand, den man nicht mit der vorhin erwähnten Interferenz oder Subtraction der erzeugten Bewegungsantriebe verwechseln oder, wie es ge-

schehen ist, identificiren darf, beruht auf dem allgemeinen Gesetze der Mechanik, dass jeder Antrieb um so intensiver wirkt, je weniger sich sein Einfluss auf verschiedene Punkte zerstreuen kann. Dieses Gesetz lässt sich aber auf die Verhältnisse des Rückenmarks nach der Enthauptung nur anwenden, wenn wir noch eine Hypothese zu Hülfe nehmen, die uns in der Folge manchmal zu Statten kommen wird und eine Menge von sonderbaren Resultaten, auf die wir noch stossen werden, aufhellen zu können scheint. Durchschneiden wir einen peripherischen Bewegungsnerven und reizen wir den centralen Stumpf, so geht der Effect bekanntlich an der Durchschnittsstelle verloren. Nach dieser Analogie scheint es, als müsste, wenn wir das Rückenmark in den Halswirbeln durchschneiden, ein vom Fusse aus wirkender Eindruck, insofern er gegen das Hirn geleitet werden soll, ebenfalls an der Durchschnittsstelle verloren gehen, so dass die reflectirende Substanz des Rückenmarkes nicht stärker von diesem Eindruck afficirt wird, gleichviel ob er auch noch das Hirn trifft oder ob die Leitung bis zum Hirn unterbrochen ist. Mir scheint es nun, dass sich in den Centraltheilen die Sache anders verhält, und dass bei Unterbrechung der centralen Leitungsapparate *in ihrem Verlaufe* (und nicht an ihrem Hirnende) sich der Eindruck hier *summirt*, bis er auf andere Nervenelemente überspringt, und dadurch in den noch mit dem Stumpfe verbundenen Theilen stärkere und ausgebreitetere Bewegung hervorrufen kann. Mag diese, wie ich gern zugebe, — bedenkliche — Hypothese stehen oder fallen, folgende Thatsachen beweisen, dass die Intensität der Reflexbewegungen vermehrt wird, je weniger sich der Reflex ausbreiten kann, und dass dem Hirn auch in dieser Beziehung keine ihm ganz eigenthümliche schwächende Kraft inne wohnt.

Zerstört man einer Eidechse das Gehirn und die medulla oblongata, so zeigt der Schwanz bald mässig starke Reflexbewegungen, wenn man ihn oder die Hinterfüsse berührt. Die Füsse bewegen sich sehr oft mit. Nachdem man dies lange genug beobachtet, macht man einen Querschnitt durch das Rückenmark im Niveau der Nerven für die vorderen Extremitäten. Nach demselben bleiben diese ruhig, aber ein schwacher Reiz bringt den Schwanz und die Hinterfüsse zu *stärkerer* Bewegung als vorher. Je weiter nach hinten nun sich folgende Querschnitte durch das Mark geführt werden, um so lebhafter werden bei der schwächsten Reizung die Bewegungen der genannten Theile, wenn man die Schwanzwurzel reizt. Endlich kommt der Schnitt der Austrittsstelle der Nerven für die Hinterfüsse zu nahe, ihre Bewegungen stellen sich natürlich in Folge der Verletzung ein, aber alle Bewegungskraft scheint jetzt auf den Schwanz concentrirt zu sein, dessen Reflexthätigkeit jetzt so erstaunlich und ungeheuer zugenommen hat, dass es ausserordentlich schwer ist, ihn in Ruhe zu erhalten. Schneidet man jetzt bald an der Lendenanschwellung oder hinter ihr durch das Mark, so werden die Reflexbewegungen des Schwanzes so heftig, dass es für den Augenblick unmöglich wird, eine nochmalige Verstärkung derselben zu erkennen, wartet man aber bis das nach hinten zurückgebliebene Rückenmarksstück mehr abgeschwächt ist und erzeugt jetzt Druck auf die *Spitze* des Schwanzes nur noch mässige Bewegungen, so kann man sie wieder *bedeutend* verstärken, wenn man die Schwanzwurzel und das in ihr enthaltene Stück des Rückenmarkes abschneidet. So kann man in günstigen Fällen noch weiter nach hinten gehen, stets mit demselben Erfolge, bis man sich den Austrittsstellen der Endnerven zu sehr genähert hat. Gegen den naheliegenden Verdacht, dass hier der Reiz der Wunde, die

sich dem Nervenaustritt immer mehr genähert, mit zum Erfolge beigetragen, schützt unter Anderen, die ich gelegentlich erzählen werde, der Versuch an Schlangen. Man verschaffe sich z. B. zwei anscheinend gleiche junge Nattern (ich nahm die bei Frankfurt häufigere Coronella laevis) und durchschneide beiden das Rückenmark hoch oben an derselben Stelle. Reizt man jetzt durch Druck die Schwanzspitze, so erfolgt eine meist bei beiden Schlangen gleiche Bewegung, doch wird man, wenn sie jetzt an einem kühlen Ort aufgehoben und künstlich gefüttert werden, (natrix frisst ohne künstliche Fütterung) öfters bemerken, dass eine derselben bei wochenlanger Beobachtung schwächer zu reagiren scheint. Dieser durchschneide man jetzt das Mark abermals in der Nähe des Afters und jetzt wird der Schwanz der letzteren mehrere Wochen lang, also viel länger als der Reiz der Wunde dauern kann, viel intensivere Reflexe zeigen. Analoge Beobachtungen bei einzelnen Individuen von Trop. natrix, die ebenfalls wochenlang beobachtet wurden, führten zu demselben Resultate. Auch bei Tauben kann man in Betreff der Bewegungen des Schwanzes bestätigende Versuche machen, in denen man den Einfluss des Wundreizes durch lange fortgesetzte Beobachtung zu eliminiren vermag.

Je mehr sich also bei den Thieren mit genügend langem Rückenmark der Schnitt von oben her, bis auf eine gewisse Gränze, dem Austritt der bewegenden Nerven nähert, um so stärker werden die durch diese bewirkten Reflexbewegungen, kommt man aber über jene Gränze, so schwächt man wieder den Erfolg oder hebt ihn auf durch directe Beeinträchtigung der Nerven.

Dies zeigt, dass in der hier besprochenen Beziehung der Einfluss der Enthirnung *kein specifischer* ist, die folgenden Beobachtungen beweisen, dass auch nicht jedes dem Hirn nähere Rückenmarksstück, wie man hypothetisch annehmen könnte, die Reflexthätigkeit der unteren Theile mit stets abnehmender Kraft zu bezähmen vermag.

Die Leitung im Rückenmark geht nämlich auch nach hinten. Hält man sie in dieser Richtung durch einen Querschnitt auf, so reflectiren die *vorderen* Theile viel stärker, selbst wenn sie noch mit dem Hirn verbunden sind. Man halte einen Frosch bei den Hinterfüssen und drücke ihm mässig eine Vorderzehe. Der entsprechende Arm wird einfach zurückgezogen und oft kaum bewegt werden. Nachdem man dies mehrere Male wiederholt, durchschneide man das Mark in der Mitte des Rückens. Sobald das Thier wieder zu sich gekommen ist und sich von der Betäubung vollkommen hergestellt hat, drücke man abermals die Vorderzehe und man wird erstaunen, in welchem Grade sich jetzt die Reaction vermehrt hat. Und diese verstärkte Wirkung ist nicht vorübergehend, ich sah sie Monate lang anhalten. Enthirnt man jetzt denselben Frosch, so kann eine Berührung der Zehen tetanische Krämpfe beider vorderen Extremitäten hervorrufen. Trennt man im Niveau des vierten Ventrikels nur *eine einzige* Hirnhälfte, so ist dieser zweite verstärkte Effect nur auf der *entsprechenden* Seite hervortretend.

Einen ähnlichen Erfolg hat Längstheilung des Markes für die Reflexbewegungen auf einer Seite, es ist mir aber nie gelungen, nach Längstheilung in der Mittellinie den Erfolg auf beiden Seiten zu erhöhen. Die direkte Verletzung schien hier zu gross. Wenn ich aber den Schnitt *neben* der Mittellinie führte, so glückte es für die andere Seite durch Beschränkung der *Ausbreitung* eines Reizes seinen *localen* Effect zu erhöhen.

Dauer der Reflexbewegung. In einem vom Hirn abgetrennten Rückenmarkstheile, dem es nicht an genügender Blutzufuhr fehlt, kann sich die Reflexbewegung, wenigstens bei Vögeln, Amphibien und Reptilien, ganz unbegränzte Zeit lang erhalten. Die Nothwendigkeit einer lebhaften, stets erneuten Blutzufuhr erklärt, warum bei Säugethieren die Reflexbewegungen nach einer *Durchschneidung* des Rückenmarks in der Dorsalgegend früher aufhören, als bei einer *Quetschung* desselben, welche nur die Leitung hemmt, den Gefässlauf aber nicht unterbricht.

Wenn bei Säugethieren, und wahrscheinlich auch beim Menschen, die Reflexthätigkeit im hintern Theil eines durchschnittenen Rückenmarkes nach den ersten Minuten sehr abnimmt, so erhält sie sich bei den eierlegenden Wirbelthieren ungeschwächt auf ihrer Höhe oder vielmehr sie erhöht sich noch in der ersten Zeit. Dies kommt wahrscheinlich daher, weil bei diesen Thieren die zum Rückenmark gehenden Lendenäste der Aorta relativ viel stärker sind als bei Säugern, also der Blutlauf von der Communication mit der Vertebralis unabhängiger ist.

Bisher war bloss von der Durchschneidung des Markes die Rede, wenn man aber Hirn und verlängertes Mark ganz wegnimmt, so hören die Reflexbewegungen am frühesten bei Vögeln, später bei Säugethieren, noch später bei Reptilien und am spätesten bei Amphibien auf. Bei letzteren dauern sie im Winter unter diesen Verhältnissen sehr bedeutend länger als im Sommer. Winterschlafende Igel zeigen die Reflexe viel länger als wachende. *Brown Sequard* hat gezeigt, dass wenn man die Bluttemperatur von Säugern und Vögeln vor der Enthirnung dadurch abkühlt, dass man die Bauchhöhle eröffnet und die Eingeweide erkalten lässt, die Reflexbewegungen nach der Enthauptung länger bestehen. Ich kann dies nach Versuchen an Katzen bestätigen.

Bei Eidechsen (L. agilis), an denen ich im Sommer in grosser Zahl experimentirte, kam ich zu dem sonderbaren, anfangs nur mit Misstrauen aufgenommenen aber stets bestätigten Resultate, dass wenn man ihnen Hirn und verlängertes Mark *während der Nacht* wegnimmt, die Reflexbewegungen ungleich länger dauern als am Tage nach der gleichen Operation.

Es hängt dies wohl mit der von *Bagge* auf seiner Reise in Aegypten beobachteten Nachterstarrung der Reptilien zusammen, die, wie ich schon seit langer Zeit bemerkt habe, nicht bloss für die warmen Climate, sondern auch für unsere gemässigten gilt.

Man sieht, dass die *Dauer* der Reflexbewegungen nach der Enthirnung bei den Thieren von ganz anderen Verhältnissen abhängt, als ihre *Intensität*. Vermuthlich kommen manche verbreitete irrige Ansichten daher, dass man die eine mit der anderen verwechselte.

Was wir hier über die Dauer der Reflexbewegungen mitgetheilt, zeigt, dass sie lediglich von der Erhaltung der regelrechten Circulation im Rückenmark bedingt wird und dass die Annahme mancher früheren Schriftsteller, als bestehe sie bloss in einer bald verschwindenden oder sich aufzehrenden *Emanation* vom Gehirne her, durchaus nicht haltbar ist.

Form der Reflexbewegung. Hier wird uns besonders diejenige Aeusserung der Reflexthätigkeit interessiren, welche vom *Rückenmarke* mit Ausschluss des Gehirns und des verlängerten Marks abhängig ist. Wir werden daher nur enthauptete Thiere in Betracht ziehen.

Alle Beobachter haben bereits bemerkt, dass die spinalen Reflexe, wenn sie durch einen beschränkten Reiz an nicht vergifteten Thieren hervorgerufen werden, keineswegs ungeordnete Bewegungen und *in der Regel* keine tonischen anhaltende Zusammenziehungen eines Muskels darstellen; diese Regel erleidet aber, besonders bei Kröten, häufige Ausnahmen. Gewöhnlich werden zusammengehörige Muskelgruppen abwechselnd so bewegt, dass eine bestimmte Beziehung zur angeregten

Hautstelle und selbst zu der Art des Reizes unverkennbar ist. Geben wir einige Beispiele.

Ein Frosch, dem man unmittelbar nach der Enthauptung die Extremitäten ausstreckt, verbleibt einige Zeit in dieser Lage. Plötzlich zieht er die hinteren Extremitäten langsam an den Bauch und bringt sie in Flexion. Dies bezeichnet den Zeitpunkt des Wiedererwachens der Reflexbewegungen, die von nun an, wenn man das Thier nicht durch Reize ermüdet, eine Zeit lang noch an Intensität zunehmen. Aber nur diese erste Bewegung ist die einzige anscheinend *spontane*, die der Frosch vornimmt, das Gefühl einer unnatürlichen Lagerung seiner Glieder scheint den veranlassenden Reiz zu denselben abzugeben. Schützt man das Thier jetzt vor allen äusseren störenden Einflüssen, vor Erschütterung, vor Luftzug u. s. w., so stirbt es langsam ab, ohne auch die geringste äusserlich wahrnehmbare Zuckung mehr zu zeigen. Das ist schon von vielen Beobachtern angegeben worden. Hebt man jetzt aber den Frosch in verticaler Richtung in die Höhe, so sinken die beiden Hinterfüsse im ersten Momente durch ihre Schwere wieder herab, sogleich werden sie jedoch wieder angezogen, nach kurzer Zeit sinken sie abermals, um noch, ehe sie ganz gestreckt sind, wieder gehoben zu werden, und so wiederholt sich denn dieser wechselnde Kampf zwischen Muskelthätigkeit und Schwere mehrere Male, bis endlich erstere erschöpft wird. Beim Beginn der Ermüdung zeigen sich noch unvollständige stets schwächer werdende Beugebewegungen bis zuletzt die Hinterfüsse schlaff herabhängen.

Alle Reflexbewegungen werden schwächer, wenn der Antrieb zu denselben sich oft hintereinander wiederholt. Aber nach Zerstörung des verlängerten Markes, durch welche die Circulation leidet, tritt diese Abschwächung auffallend schnell ein. Wenn Hirn und verlängertes Mark noch vorhanden sind, und der Blutlauf gehörig fortbesteht, so bemerkt man, dass der Effect eines Reizes, wenn er nicht allzustark ist, sich bei den ersten Wiederholungen steigert, um dann allmählich abzunehmen.

In kalter Jahreszeit zeigen dies auch Frösche, die nur noch einen Theil des Rückenmarkes besitzen und man bemerkt dann, dass derselbe Reiz, der einen Fuss nach längerer Ruhe in schwache Bewegung versetzte, das zweite Mal eine viel stärkere Bewegung hervorruft, wenn zwischen der ersten und zweiten gleichen Erregung andere Arten von Reizungen statt gefunden haben, bei deren Beantwortung dasselbe Glied auf andere Weise thätig war. Es scheint also, als müssten die Muskeln oder deren Nerven erst aus ihrer Ruhe aufgerüttelt werden, um recht kräftig zu wirken.

Fasst man einen zugerichteten Frosch, der sich im höchsten Stadium der Erregbarkeit befindet, plötzlich an einem Vorderfusse, auf den man einen mässigen Druck ausübt, so sieht man manchmal, dass der ganze Rumpf in eine schiefe Richtung geschoben wird, während sich gleichzeitig beide Hinterbeine nach hinten und etwas nach aussen strecken und das andere Vorderbein nach innen geführt wird. Es ist eine unrichtige Behauptung, dass solche allgemeine Bewegungen immer der Gegenwart des verlängerten Markes bedürfen.

Ist aber das Thier später schwächer geworden, so bewirkt derselbe Reiz bloss Bewegung in *einer* Extremität und zwar gewöhnlich der hinteren Extremität derselben Seite.

Ueberhaupt zeigt es sich, dass schwächere Reize bei kräftigen Thieren, und bei ermatteten selbst starke Erregungen leichter und viel häufiger Bewegung auf derselben Körperhälfte auslösen, als auf der entgegengesetzten. Reize in der Mittellinie erregen dagegen gleichnamige Extremitäten beider Körperhälften. So werden, wenn wir das Thier in der Mitte der Bauchhaut mit der Pincette fassen, die beiden hinteren oder die beiden vorderen Glieder wider das Instrument gestemmt.

Wo ein Reiz Extremitäten *beider* Körperhälften zur Bewegung bringt, sind es in der Regel die gleichnamigen. Dies erleidet in dem Falle eine Ausnahme, wenn wir vorher in der Mitte des Rückenmarks einen Querschnitt durch eine Hälfte desselben geführt haben. Dann kann, wie ich öfters beobachtet, nach Reizung des Fusses einer Seite mit letzterem der Arm der anderen Seite bewegt werden. Wird aber eine solche Reizung mehrmals wiederholt oder ist sie gleich Anfangs etwas zu stark, so werden mit dem Fusse beide Arme bewegt.

Ist die Reizung einer Extremität sehr schwach, oder ist das Thier sehr wenig leistungsfähig, so bewegen sich nur die unmittelbar gereizten Glieder. Und zwar kann Druck auf eine Zehe hier Anfangs noch Bewegungen des ganzen betroffenen Fusses auslösen, später beugen sich nur die Finger und endlich wird die Bewegung nur auf die allein berührte Zehe beschränkt.

Selbst im ganz kräftigen Thiere bewirkt schwächere Reizung einer Extremität nur ein isolirtes Zurückziehen derselben, und man sieht unzweideutig, wie sie der Frosch unter seinem Körper zu verbergen strebt.

Betupft man die Sohlenfläche eines Hinterfusses mit Säure, so werden beide Hinterfüsse gestreckt und an einander anhaltend gerieben.

Betupft man den Oberschenkel, an seiner äusseren Seite, so schlägt sich der Fuss nach oben und wischt mehrmals an der afficirten Stelle.

Reizt man die Seitenfläche des Körpers, so wird eine Extremität, und zwar die der Angriffsstelle näher gelegene, nach derselben hingeführt und darauf hin und her gerieben.

Regelmässige Ortsbewegungen, Kriechen oder Hüpfen kommen indessen bei Fröschen nicht mehr vor, denen das verlängerte Mark abgetrennt ist, wenn auch die beiden Extremitätenpaare noch mit einander durch das Rückenmark verbunden sind. Ja noch mehr. Auch die gewöhnliche Stellung, die das ruhige normale Thier einhält, wird nicht mehr eingenommen, die Vorderfüsse sind stets nach aussen hinten oder innen flach ausgestreckt, so dass die Brust den Boden berührt.

Und wenn man es durch eine Reizung (des vorderen Theiles des Rückens) dahin gebracht hat, dass der Frosch sich auf seinen Vorderbeinen erhebt, so sind es nur die oberen Gelenke, die normal gebracht werden, die Hand bleibt *umgeschlagen* und das Thier stützt sich, wie *Kürschner* richtig bemerkt, auf ihre Rückenfläche.

Tritonen aber und Bombinatoren können zu *gehen* scheinen, selbst wenn der Schnitt zwischen Brust und Lendenanschwellung fällt. Mit den Vorderfüssen, die hier willkührlich bewegt werden, erheben sich auch beide hinteren.

Dies hat zu irrigen Vorstellungen geführt. Der so characteristisch normale Gang der Tritonen ist nämlich nicht mehr vorhanden. Beide Hinterfüsse bewegen sich zwar, sie schieben das Thier vorwärts, aber sie werden nicht mehr *abwechselnd* gebraucht, sondern gleichzeitig und dies kommt daher, dass bei der so sehr stark entwickelten Reflexfunction dieser Thiere, die durch das Gehen mit den Vorderfüssen bewirkte Friction des Hinterkörpers auf dem Boden jedesmal beide Beckenglieder zum Austreten nöthigt. Dies wird um so deutlicher, je länger das Thier nach der Operation erhalten bleibt. Bombinatoren, bei denen die Bewegung der Hinterfüsse eine normal gleichzeitige ist, werden nach Durchschneidung des Marks in der Dorsalgegend nie mehr *springen*, das *Kriechen* sieht aber aus den angeführten Gründen einem normalen sehr ähnlich, unterscheidet sich aber dennoch bei scharfer Beobachtung durch die Stellung der inneren Sohlenfläche.

Wir brauchen also nicht, wie es für Tritonen vermuthet worden, eine Harmonie der Bewegungen bedingende Nervenverbindung ausserhalb des Rückenmarkes anzunehmen.[1])

Der Umstand, dass normale Ortsbewegungen fehlen, scheint anzudeuten, dass die Theile des Nervensystems, in welchen das Thier dieselben harmonisch combinirt, nicht im Rückenmarke liegen.

Da es nur bei der höchsten, krankhaft gesteigerten, Energie der Reflexbewegungen vorkommt, dass von allen Punkten des Körpers aus *alle* Muskeln in den höchsten gerade möglichen Zustand der Spannung versetzt werden (Tetanus), eine gewöhnliche starke Reizung aber zwar alle 4 Extremitäten in Bewegung zu setzen vermag, aber in eine Bewegung, die in einer bestimmten Beziehung zu dem gereizten Punkte steht, und daher für Reize ausserhalb der Mittellinie an jeder Extremität eine an-

---

[1]) Herrn *Thomas* in Nantes, dem eifrigen Batrachologen, sei hier für die mir zu diesen Beobachtungen überschickten grösseren Tritonen mein wärmster Dank ausgesprochen.

dere ist und da endlich bei mässigen Reizen nur die Muskeln *einer* Extremität bewegt werden und zwar in anderer Combination und in verschiedener Stärke, je nach dem wechselnden Ort des Reizes, so ist es klar, dass der reflectirende Mechanismus im Rückenmark so geordnet sein muss, dass zwar von jedem sensibeln Elemente eine Ausstrahlung nach allen motorischen stattfinden *kann*, dass aber diese Strahlung vorzugsweise auf einzelne und unter diesen wieder am kräftigsten auf *eine besondere* der motorischen Combinationen gerichtet ist.

Sitz der reflectirenden Eigenschaft. Wollten wir ein System von Verbindungen, ähnlich dem eben erwähnten, künstlich, auf mechanischem Wege, herstellen, würden wir am besten so verfahren, dass wir jeden der Fäden auf die von aussen her eingewirkt werden soll, nur mit *einem* Knotenpunkte in *directe* Verbindung setzen, von welchem eine Reihe Leitungswege ausgehen. Am leichtesten anzuspannen oder anzuregen müsste eine Gruppe von Dräthen sein, welche sich von hier unmittelbar zu den beweglichen Theilen begeben, welche wir *immer* bewegen wollen. Eine andere Reihe von Dräthen geht von dem angenommenen Knotenpunkte zu einem ándern Punkte ähnlicher Art, so dass ein *stärkerer* Zug, welcher den Widerstand zu überwinden im Stande ist, welcher durch die Dräthe und durch die Verschiebung *zweier* Knotenpunkte gesetzt wird, jetzt neben der ersten noch eine *andere* Reihe von Bewegungen auslösen kann, welche *direct* dem zweiten Knotenpunkte entsprechen. Da aber von diesem zweiten wieder ein Draht zu einem dritten (und immer einer nach aussen) geht, so kann ein Zug, der *drei* Knotenwiderstände überwindet, noch eine *grössere* Bewegungsreihe auslösen, und da auf diese Weise endlich *alle* Knotenpunkte mit einander verbunden werden, so muss ein sehr starker Zug an *einem* Drath endlich alle beweglichen Punkte verrücken. Man findet eine solche Einrichtung an den Schellen mancher Häuser. Die Nerven wirken natürlich nicht durch Zug wie in diesem hier gebrauchten Bilde der Schellenzüge, sehen wir uns aber in der Anatomie der Nervencentra um, ob wir nicht irgendwo einer Einrichtung begegnen, die den hier ganz im Allgemeinen gestellten Forderungen entspricht.

Alle Mikroscopiker, wie weit auch sonst ihre Ansichten auseinander gehen, stimmen darin überein, dass die graue Substanz des Rückenmarkes aus Zellen besteht, von denen jede mehrere Nervenröhren aufnimmt oder absendet. (Multipolare Zellen.) Ferner stimmen *alle* überein, dass die empfindenden Nervenfäden zu diesen Zellen gehen, dass ein anderer Auslaufer derselben zu einer andern Nervenzelle strahlt, die vielleicht mit Bewegungsnerven in gleicher Höhe des Markes verbunden ist. Wenigstens *ein* anderer Auslaufer geht nach oben und einer wenigstens nach unten zu andern entfernteren Zellenhaufen, die ebenfalls multipolar sind. Ueber die Verbindungsweise der in's Rückenmark eintretenden Nervenwurzeln mit den Zellen herrschen aber noch Differenzen unter den Beobachtern. Halten wir uns an die Angaben von *Schroeder van der Kolk*, die am meisten mit unsern physiologischen Resultaten übereinstimmen und auch dem ersten Anschein nach leicht mikroscopisch zu bestätigen sind, so theilen sich die Nervenwurzeln (und vermuthlich die einzelnen Röhren) nach ihrem Eintritt in's Rückenmark, die eine Parthie läuft direct in den weissen Strängen nach dem Gehirn, die andere tritt in die graue Substanz ein, um sich hier mit den Zellen zu verbinden. Nehmen wir nun an, was möglich ist, dass die Leitung in dem gleichförmigen Medium der Nerven mit geringerem Widerstande geschieht, als die Uebertragung in die heterogene Zellensubstanz, be-

denken wir, dass, wenn die Zelle in alle ihre Ausläufer leitet, jeder derselben nur einen Theil der ursprünglichen Erregung empfängt, so wird die sekundäre Erregung einer zweiten Zelle durch einen Ausläufer schon schwieriger, von diesem aus wird eine dritte Zelle noch viel schwerer erregt werden und so fort. Betrachten wir nun die erste oder die zweite der so getroffenen Zellen als die, welche den am leichtesten auftretenden Bewegungen vorsteht, so lässt sich diese Hypothese leicht weiter ausmalen, welcher keine bestimmte Thatsache entgegensteht. Es ist ein Verdienst *R. Wagners,* den Werth der hier in Betracht kommenden anatomischen Data zuerst bestimmter hervorgehoben, und eine grosse Reihe der neueren mikroskopischen Forschungen über diese Punkte angeregt zu haben.

Für uns liegt in diesen Ergebnissen ein sehr gewichtiger Wahrscheinlichkeitsgrund, die graue Substanz mit ihren multipolaren Zellen als den *Sitz* der Reflexthätigkeit zu betrachten, und hiermit ein anderes Factum zu verbinden, welches die vergleichende Anatomie festgestellt hat, dass nämlich in den verschiedenen Abtheilungen der Wirbelthiere die Reflexfähigkeit gleichen Schritt hält mit der quantitativen Entwickelung der grauen Substanz, nicht aber mit der relativen Dickenzunahme der weissen Stränge.

Die positive physiologische Methode kann beweisen, dass die graue Substanz sehr gut Reflexe leitet, sie kann aber nicht unwidersprechlich darthun, dass die weisse Substanz des Rückenmarks hierzu ganz und gar unfähig ist.

Man kann ein Rückenmark so verstümmeln, dass die Kopfhälfte desselben mit der Schwanzhälfte nur noch durch graue Substanz mit Ausschluss aller weissen, zusammenhängt und dennoch gehen reflectorische Erregungen noch sehr gut aus einer Hälfte in die andere über. Die graue Substanz braucht hierzu durchaus nicht unverletzt zu sein, jedes kleine Stückchen genügt, das noch eine Brücke darstellt [1]).

Haben wir hingegen die weisse empfindende und die ganze graue Masse zerstört, die vordere weisse aber nahezu unverletzt gelassen, so gehen noch Reflexe aus der Kopfhälfte in die Schwanzhälfte über, aber nicht umgekehrt. Es wird dies, und allem Anschein nach mit Recht, so erklärt, dass hier die vordere weisse Substanz wie ein Bewegungsnerv wirkt, dessen Röhren schon oberhalb der Verletzungsstelle vom Reflexe getroffen wurden.

Haben wir an einer Stelle das ganze Rückenmark, mit Ausnahme der hinteren Stränge, durchschnitten, so können noch Reflexe vom hinteren Theil nach dem vorderen übergehen, aber nicht umgekehrt. Dies erklärt sich sehr gut, wenn wir die hinteren Stränge als einfache Empfindungsnerven ansehen, wie sich dies in der Folge rechtfertigen wird.

Durchschneidet man jetzt noch den einen Hinterstrang, so wird von allen Theilen der entsprechenden Seite hinter dem Schnitt kein Reflex mehr nach oben befördert, dies beweist, dass im Verlauf der Hinterstränge selbst der in allen Thieren so sehr häufige Reflex von einer Seite zur andern nicht zu Stande kommt, und den gleichen Beweis kann man für die Vorderstränge führen.

Noch vor einigen Jahren hat ein deutscher Theoretiker vorgeschlagen, bei der Erklärung der Reflexerscheinungen ganz von den mikroscopischen Verhältnissen der grauen Substanz zu abstrahiren, und anzunehmen, dass in den Rücken-

---

[1]) Vergleiche über diese und andere Verletzungen die Angaben über die Empfindungsleitung in der grauen Substanz.

marksssträngen die Nerven durch die Scheide hindurch sich ihre Erregungszustände mittheilen könnten. Diese Hypothese von einer sogenannten Querleitung ist durchaus grundlos und völlig unhaltbar. Damit die gewöhnlichsten Reflexerscheinungen durch sie begreiflich würden, müsste man sie etwa noch mit acht oder neun der gesuchtesten Hülfshypothesen ausstatten. Wir wollen uns indessen hier nicht auf eine Kritik dieses sonderbaren Theoremes einlassen, um so weniger, als es wahrscheinlich ist, dass sein Urheber selbst es jetzt nach den Fortschritten, welche die Physiologie des Rückenmarkes seitdem gemacht hat, kaum aufrecht zu erhalten suchen dürfte.

Sensorium im Rückenmark. Marsh. Hall, durch den zuerst die allgemeine Aufmerksamkeit wieder auf die nach der Enthirnung eintretenden Reflexe gelenkt wurde, und nach ihm eine grosse Anzahl von Schriftstellern, haben angenommen, dass der Mechanismus des Reflexes im Rückenmark und in der Medulla oblongata ein von den Functionen des Gehirns durchaus *verschiedener* Vorgang sei. Nur im Hirn komme Empfindung und Bewusstsein zu Stande, wenn aber die Leitung zum Hirn unterbrochen sei, so könnten noch Nervenerregungen, ohne irgend empfunden zu werden, in den mit ihnen verbundenen Centraltheilen auf „rein mechanischem" Wege bestimmte Bewegungen auslösen, welche, wie man sich ausdrückte, einen Schein von Zweckmässigkeit haben, und welche stets zur angeregten peripherischen Stelle in einer gewissen engeren oder weiteren Beziehung stünden. Die Thiere könnten gegen Angriffe sich zu wehren, sie könnten unter ihnen, nach ihren „unfreiwilligen" und durch den Mechanismus abgezwungenen Bewegungen zu urtheilen, sogar zu leiden scheinen, und doch sei es ja allgemein bekannt, dass ein Mensch nach Zerreissung des Rückenmarkes ebenfalls Reflexbewegungen in den untern Extremitäten zeigen könne, ohne sich weder der Bewegungen noch der sie hervorrufenden starken Reize im Geringsten bewusst zu werden.

M. Hall nimmt sogar neben den eigentlich sensibeln noch eigene sie begleitende *excitomotorische* Nerven an, welche gefühllos seien und im Rückenmarke endend, die Reflexe erzeugten. Andere Schriftsteller nehmen ein ähnliches bloss für die Reflexbewegungen und *nicht* zur Hervorrufung wirklicher Sensationen bestimmtes System von Fasern an, welches sich erst im Innern des Rückenmarks von den sensibeln abzweige, und sich in der grauen Substanz verbreite. Obschon auch wir in der letzteren den Heerd der Reflexbewegungen erkennen, so werden wir in der Folge beweisen, dass sich eine solche Annahme ganz und gar mit der unläugbaren Thatsache verträgt, dass die graue Substanz überall einen vorzüglichen Leiter der Empfindungen abgibt.

Der eben erwähnten Anschauung gegenüber hat sich schon früher eine andere geltend gemacht, welche auch dem Rückenmarke, unabhängig vom Gehirn, die Fähigkeit der Empfindung und eines gewissen Grades von Bewusstsein zuschreibt, und in der That, wenn man die Bewegungen enthaupteter Amphibien betrachtet, so kann man, wie selbst *Grainger*, einer der eifrigsten Fürsprecher der Hall'schen Hypothese, zugestehen muss, sich des Gedankens nicht erwehren, dass diese Thiere noch fühlen, und man muss, scheint mir, um diese Vorstellung absolut zu verwerfen, in hohem Grade von der metaphysischen Abstraction der „Untheilbarkeit des Ich" und dem, ich möchte sagen hypermetaphysischen, Glauben an die Spontanität der Seelenfunctionen, von der allerdings an enthaupteten Thieren keine Spur ist, eingenommen sein.

Es ist ein Verdienst *Eduard Pflügers*, zuerst auf populäre und eindringliche Weise gezeigt zu haben, wie ganz bedeutungslos die Gründe sind, auf welche die Anhänger Halls ihre Lehre von der Abwesenheit

der Empfindung bei den Reflexactionen stützen. Mit dem *negirenden* Theil der sehr lesenswerthen *Plüger*'schen Schrift (Ueber die sensorischen Functionen des Rückenmarks, Berlin, 1853) kann ich mich vollkommen einverstanden erklären.

Wenn z. B. nach *Halls* und Anderer Erfahrung ein Mensch, dessen Rückenmark am Halse zerquetscht wurde, beim Kitzeln der Füsse dieselben kräftig zurückzieht, und dennoch angibt, gar keinen Kitzel und überhaupt nichts an den Füssen empfunden zu haben, so ist dies, wie *Pflüger* mit Recht bemerkt, auch nicht ein entfernt genügender Beweis, ja nicht einmal ein Wahrscheinlichkeitsgrund dafür, dass hier die Empfindung wirklich *fehlte*. Jenes Ich, welches unsere Frage hörte und beantwortete, hat allerdings nichts empfunden und wird dies um so bestimmter behaupten, als der Hörnerv, der unsere Frage vernimmt, noch reflectorisch mit einem Sehnerven verbunden ist, der dem Centrum den fortdauernden Besitz eines Fusses wirklich noch täuschend vorspiegelt, von dessen schmerzhafter Erregung ihm natürlich keine Kunde zugekommen ist, weil die Communication unterbrochen war. Sind uns einmal die Bewegungen kein Zeichen mehr von Gefühl, so fehlen letzterem, wenn es vorhanden ist, alle Mittel sich nach aussen zu offenbaren. Soll der schmerzende Fuss etwa auf den Larynx reflectiren und Schreien verursachen? Auch diese an sich noch zweideutige Aeusserung ist ihm unmöglich geworden. Sollen beide Füsse, die doch noch mit einander verbunden sind, aufstehen und mit dem verwunderten Kopf plötzlich davonlaufen? Angenommen, das Material zur Ausführung einer solchen Bewegungsreihe fände sich noch ganz im Bezirke des untern Rückenmarksfragmentes, so fehlt letzterem hierzu die Veranlassung. Die Fluchtbewegungen der Menschen und *vieler* Thiere (durchaus nicht Aller, ja nicht einmal aller Säugethiere) sind Reflexe, deren erregender Reiz nicht einfacher Schmerz, sondern eine, allerdings durch die schmerzende Erregung erst veranlasste, sehr gemischte Empfindung ist, in welche die sogenannte „*Raumvorstellung*“ als integrirendes Moment mit eingeht. Diese Raumvorstellung muss aber, wie später gezeigt wird, wegfallen, wenn das plötzlich enthirnte Thier gewöhnt war, sie nur aus der Verbindung des Hautgefühles mit centralen Affectionen höherer Sinnesorgane zu erzeugen.

Wäre ein Mensch, wie der Amphioxus unter den Fischen, ganz ohne Gehirn geboren, und wäre er, wie wir annehmen wollen, doch noch eines Hautgefühles und der Erinnerung fähig, so würde sich allerdings wahrscheinlich auch bei ihm eine Raumvorstellung aus den nothdürftigsten Elementen derselben *zusammensetzen* können. Bei ihm wäre das subjective Gefühl der Entfernung, in Verbindung mit Schmerz, vielleicht im Stande Fluchtbewegungen hervorzurufen, wenn Erfahrung und Uebung die Bahnen der associirten Bewegungen einmal sicher gestellt hätten. Wie viel der Ortssinn allein bei angeborener Blindheit und Taubheit vermag, und wie sich hier das Hautgefühl ausbilden kann, davon siehe ein Beispiel in *Magendies* Physiologie übersetzt von *Heusinger* Bd. I. pag. 139. Wo aber, wie beim sehenden Thier, die Existenz mehrerer Sinne die grösstmögliche Ausbildung eines einzelnen unnöthig macht und zurückdrängt, da werden mit dem Wegfall eines jeden vorhandenen Sinnes*centrum* eine Menge von Vorstellungen und von ihnen abhängiger Reflexe aufgehoben, welche dieses Centrum, nicht aus innerer Nothwendigkeit, aber aus anerzogener Gewohnheit, mit in Anspruch nahmen. Die äusseren Eindrücke, die bisher in mehreren Sprachen zugleich zu uns redeten, werden nicht mehr verstanden, wenn sie sich ganz plötzlich nur einer

einzigen Sprache bedienen. Demjenigen aber, der Jahre lang nur dieser einzigen Sprache zu lauschen genöthigt war, verräth sie den Sinn noch durch die feinere Betonung, die jedem andern Ohre völlig entgeht. Die Fähigkeiten, die ein Rückenmark möglicherweise *vielleicht* in sich auszubilden vermöchte, wenn es ganz auf sich selbst angewiesen wäre und dabei fortleben könnte, kommen also dem geköpften oder verunglückten Menschen ebensowenig zu statten, wie dem plötzlich Erblindeten das feine Tastgefühl der Finger, welches so oft das Urtheil der blind Geborenen leitet.

Wenn aber in den Versuchen von *Flourens* an Tritonen, denen er das Halsmark durchschnitten hatte, wirklich, wie der geschickte Beobachter versichert, keine Wiederverwachsung eingetreten war, obschon die Thiere nach mehreren Wochen und noch mehr nach Monaten die Hinterfüsse viel regelmässiger als im Anfange bewegten, so sehen wir hieraus, dass selbst in *den* Fällen, wo ein Vorderkörper mit cerebralem Bewusstsein gar manchen Bedürfnissen des hinteren entgegenkommt, dennoch das isolirte Rückenmarksstück noch etwas zu *lernen* im Stande ist. Es gewöhnt sich gewisse Bewegungen besser auszuführen, aber was ist *„Gewöhnen“* anderes als *Lernen.*

Man hat als einen Grund gegen die Fähigkeit des Rückenmarks, auf eine dem Gehirn ähnliche Weise zu empfinden, auch angeführt, dass nach der Enthauptung eines Thieres *niemals* mehr *spontane* Bewegungen irgend einer Art vorkommen, und dass die Thiere ganz unverändert liegen bleiben, bis sie von aussen gereizt werden. Die Thatsache gebe ich vollkommen zu, und indem ich anerkenne, dass, wie *Hall*, *Valentin* und *Kürschner* zu zeigen sich bemühten, einige Zuckungen, die man bald nach der Decapitation bemerkt, ebenfalls einen mehr versteckten Reiz ihren Ursprung verdanken, ist es mir unbegreiflich, wie manche Vertheidiger der empfindenden Thätigkeit des Markes dies in Abrede stellen zu müssen glauben. Weit entfernt aber, durch die mangelnde Spontaneität der spinalen Bewegung einen Unterschied gegen die cerebrale begründen zu wollen, sehe ich hierin nur eine weitere Analogie zwischen denselben. Auch das Hirn erzeugt *niemals* spontane Thätigkeit, aber die Arten der Reize, die es erregen können, sind durch die Gegenwart der Sinnescentra viel mannichfaltigere geworden, indem nicht nur ein unmittelbarer Sinneseindruck, sondern sogar erst die späteren reflectirten Empfindungen, welche er durch seine Wechselwirkung mit den übrigen Hirntheilen anregt, in den verwickeltesten Combinationen als Reize oder als Reihe von Reizen auftreten können. Darum kann sich auch der Reiz leichter unserer unmittelbaren Wahrnehmung entziehen, als beim Rückenmark, zu welchem von der Aussenwelt nur *eine*, und zwar eine ganz gerade leicht übersehbare Brücke führt: die Anregung der sensibeln Nervenstämme. Aber zu dieser geraden Brücke führen zwei Zugänge, der directe, von uns beabsichtigte, Eingriff, und die Veränderungen in der Circulation. Manches, was wir nicht das erstgenannte grosse Thor passiren sahen, mag sich durch die zweite Seitenpforte eingeschlichen haben.

Pflüger hat in seiner Schrift, wahrscheinlich aus allzu grossem Streben nach einer populären eingreifenden Darstellung, seiner eigenen Ueberzeugung, wie mir scheinen will, einige Gewalt angethan, wenn auch *er* den Beweis zu führen versucht (l. c. pag. 40), „dass Niemand berechtigt gewesen ist", gewisse Bewegungen „für nicht spontane zu erklären, d. h. das Dogma aufzustellen, dieselben seien *nicht* durch eine *sensorische* Action erzeugt". Was heisst bei ihm eine *„sensorische Action?“* Darüber hat er sich in seinem Buche nicht scharf ausgesprochen.

Dass die Reflexbewegungen in erregbaren Thieren auf Reize so ganz constant und in ganz *gesetzmässiger* Form erscheinen, so dass die Ansprache eines Theiles jedesmal *dieselbe* Bewegungsreihe, oder wenigstens, wenn sie nicht zu Ende geführt wird, die ersten Glieder derselben auslöst, ist ebenfalls als Grund hervorgehoben worden, um den Ursprung der „rein mechanischen" Reflexbewegungen in einem von dem der cerebralen Bewegung durchaus abweichenden Vorgang zu suchen. *Pflüger* hat bereits das Unwissenschaftliche dieser Anschauungsweise gehörig gerügt. In beiden Fällen haben wir es mit einem reinen Mechanismus zu thun. Aber der einfachere im Rückenmark des enthaupteten Thieres ist bei Verarbeitung eines äusseren Anstosses von den Störungen befreit, welche im Hirn durch die bereits *vorhandenen* Sinnesempfindungen und noch mehr durch die in Folge der erregten Empfindung auf dem Wege der Association erst *entstehenden* gesetzt sind.

In beiden erregt der vorhandene Empfindungscomplex *mechanisch* und *gesetzmässig* eine bestimmte Bewegungsreihe, aber im Rückenmark ist dieser Complex ganz und gar auf den von uns angebrachten äusseren Eindruck reducirt. Gelingt es uns nur, denselben mehrmals ganz gleich zu machen, so haben wir auch immer dieselbe Bewegung als dessen nothwendige Folge. Im Hirn hingegen ist das Bewegung erzeugende Agens gar nicht mehr die äussere Erregung, sondern das Product ihrer Wechselwirkung mit den, nach den Individuen und nach den unmittelbar vorhergegangenen Eindrücken so sehr verschieden reagirenden, centralen Sinneswerkzeugen. Diese Wechselwirkung kann ein Product liefern, welches die zu erwartende Bewegung auf die verschiedenste Weise quantitativ und qualitativ modificirt. So unläugbar es ist, dass in beiden Organen, in Hirn und Rückenmark, ganz gleiche Erregungen gleiche Effecte haben müssen, so unmöglich ist es, auf das Hirn gleiche Erregungen überhaupt einwirken zu lassen, weil schon die Wiederholung *desselben* Reizes für das Gehirn, in dessen Elementen der erste Eingriff noch seine Spuren zurückgelassen, keine *reine Wiederholung* mehr ist. Die Regelmässigkeit und das Gesetzmässige im Erfolg der spinalen Reizung zeugt also durchaus nicht von einem Mangel wahrer Empfindung, sondern nur dafür, dass, wie wir ohnehin schon wissen, die Concurrenz anderer *wechselnder* Empfindungen an diesem Erfolge keinen Antheil hat.

Die Behauptung, dass die Eindrücke im Rückenmark nach einem andern Prinzipe als im Gehirn verarbeitet würden, stützt sich also durchaus nicht auf haltbare Gründe. Man ist aber weiter gegangen und hat gehofft, auf *experimentellem* Wege den positiven *Beweis* führen zu können, dass das Rückenmark fähig sei zu *empfinden*, gewisse *„Vorstellungen"* und *„Willensacte"* zu erzeugen. Diese Bemühungen blieben, trotz vielen von Seiten *Pflügers* und *Auerbachs* aufgebotenen Scharfsinnes, unfruchtbar, und mussten es bleiben, weil man hier die experimentelle Methode in einem Gebiete als Richterin aufwarf, welches gar nicht vor ihr Forum gehört, und in welchem sie niemals wird entscheiden können, und weil man ferner hier sehr viel mit abstracten Bezeichnungen und einer volksthümlichen Metaphysik entnommenen Reflexionsbegriffen kämpfte, deren Bedeutung wissenschaftlich gar nicht festgestellt ist, und die Jeder individuell anders auffassen kann.

Die erste sich aufdrängende Frage ist nämlich, ob sich überhaupt aus irgend welchen Folgeerscheinungen eines Versuches ein streng *objectiver Beweis* geben lasse, dass Empfindung vorhanden gewesen sei. Wir glauben nicht zu irren, wenn wir dies geradezu verneinen, vorausgesetzt, dass hier *„Beweis"* im Sinne der heutigen Naturwissenschaft ge-

nommen wird. Die Empfindung, das Gefühl, ist immer nur ein vom Subject unmittelbar Wahrgenommenes, und dass auch andere Subjecte fühlen, ist ein für unser Gemüth unentbehrlicher Glaube, ist uns eine unwiderstehliche Ueberzeugung, wir können es aber nicht beweisen. Diese Ueberzeugung drängt sich uns aber um so mehr auf, je ähnlicher die auf gewisse Eingriffe erfolgenden Aeusserungen anderer Wesen unsern eigenen, uns selbst objectiv wahrnehmbaren, Gefühlsäusserungen werden. Darum glauben wir Alle, dass auch andere Menschen fühlen, aber schon für die niedrigeren Thierformen, für die Puppen der Insekten u. s. w. haben sich Zweifel geltend gemacht, weil hier die Sprache des Gefühles bedeutend von der unsrigen abweicht. Wie viel berechtigter aber sind solche Zweifel für verstümmelte, geköpfte Thiere, deren Reactionen auf ein so sehr beschränktes Feld verwiesen sind!

Wer will hier noch aus den unmittelbaren Folgen des Eingriffes auf's Rückenmark, der *an sich schon* gewisse zusammengesetzte Bewegungen erzeugen kann und muss, die Sprache des Leidens so bestimmt heraushören, dass er sie getreu und unfehlbar in die Sprache unseres subjectiven Gefühles übersetzen kann; denn jedes Urtheil, dass ein Körper fühle, ist nichts als eine solche Uebersetzung. Das Rückenmark bewirkt allerdings noch „zweckmässige“ Bewegungen, welche *andere* werden mit der Intensität des Reizes, *andere* selbst, wie *Pflüger* bewiesen hat, je nach den äusseren Bedingungen, in denen sich der Stumpf befindet. Wenn aber selbst in *uns* die Empfindung unmittelbar nicht genügt, irgend eine Bewegung hervorzurufen, wenn sie das nur kann, indem sie sich an den Mechanismus der Nervencentra wendet, wer bürgt dann dafür, dass dieselbe Erregung der Centra, die in der Regel Empfindung, vielleicht nur als Nebenproduct, als Signal, miterzeugt, nicht ohne sie zu denselben Bewegungen führen kann.

Die vorstehende Argumentation ist durchaus nicht mit der Ansicht in Widerspruch, dass die Verbindung gewisser Empfindungen mit entsprechenden Bewegungen im Rückenmark noch nicht ursprünglich vorhanden sei, sondern sich erst beim Thiere durch eine Reihe von „Erfahrungen“ gleichsam eingewöhnt und *anerzogen* habe, wenn man überhaupt so einfache Bewegungen, wie sie hier noch vorkommen, z. B. das Bedecken einer erregten Stelle mit dem Fusse, noch als anerzogen betrachten will. Wir wissen, dass Reihen von Bewegungen oder Empfindungen, die ursprünglich gewisser Mittelglieder bedurften, um sich aneinander zu schliessen, nach und nach dieser Mittelglieder entbehren können und sich unmittelbar gegenseitig hervorrufen. Denken wir nur an das Einmaleins. Wollen wir einem Kinde eine Multiplication geläufig machen, so können wir einer beschränkten Anzahl von Fällen direct vom Gehörsinn aus wirken, indem wir die Regel auswendig lernen lassen. Gewöhnlich aber und besser lassen wir das Kind, das die Zahlen kennt, die Aufgabe selbst rechnen. Die ersten Male, wenn 12 mit 6 multiplicirt werden soll, reflectirt sich aus bereits erlangter Gewohnheit der Gehörseindruck 6 auf gewisse subjective Tast- oder Gesichtsempfindungen, die dann erst die Zahlenvorstellung geben. Der Gehörseindruck 12 erzeugt analoge Empfindungen, die mit den vorigen verbunden als summirte Erregung wieder auf das Gehörscentrum den subjectiven Schall 72 reflectiren, und diese Lautempfindung kann wieder mit der Vorstellung des Fragenden verbunden eine bestimmte Reflexbewegung in den Sprachwerkzeugen zur Folge haben. Eine öftere Wiederholung desselben Vorganges aber macht ihn nicht nur geläufiger, sondern sie thut noch mehr, sie macht die als Vermittlungsglied zwischen dem von Aussen kommenden Gehörseindruck und die reflectirten, entstehende Tast- oder Gesichtsempfindung ganz überflüssig, und ohne dass nur die Spur einer Vorstellung dazwischentritt, erregt im Erwachsenen der Schall 6 mal 12 die subjective Gehörsempfindung 72. Gingen auch jetzt alle Gesichts- und Tastcentra, welche den hier entstandenen Mechanismus erst *hervorbrachten*, ganz verloren, das Centrum des Gehörorgans würde die einmal

geöffnete Bahn des Reflexes bewahren. Aehnlich ergeht es mit manchen in der Jugend erlernten manuellen Fertigkeiten, die eine Reihe von Bewegungen erfordern, das was die Reihe ursprünglich zusammenknüpfte, kann allmählich wegfallen, und die Verbindung bleibt. Auf diese Weise könnte nun auch das Rückenmark einen Mechanismus *bewahren*, den es nicht ohne Mitwirkung der höhern Sinne *erzeugen* und *erwerben* konnte. *Lotze*, welcher die Arbeit von *Pflüger* über das Rückenmark einer ausführlichen Kritik unterwarf, (Göttinger gelehrte Anzeigen 1853 Nr. 174—177), die ich nicht selbst zu lesen Gelegenheit hatte, (ich citire nach Funke Physiol. 3. Lief. pag. 947) hat diese Verhältnisse wahrscheinlich im Auge gehabt, wenn er den ganz mit Unrecht angegriffenen Satz aufstellt, gewisse Bewegungen Enthaupteter könnten ihren *Ursprung* in der „Intelligenz" finden, aber nicht in einer *noch fortlebenden*, sondern in einer solchen, „die nur in ihren *Nachwirkungen* noch vorhanden ist." Diese Nachwirkungen der „Intelligenz" oder vielmehr der *Vorstellungen* sind, wenigstens wie ich die Sache auffasse, durchaus keine so gesuchte Hypothese, dass wir zu ihr erst durch das Bedürfniss getrieben werden müssten, die gar nicht vorhandene „Untheilbarkeit der Intelligenz" zu retten, und es würde mich sehr freuen, wenn ich, trotz unserer sonst so sehr verschiedenen Anchauungsweise, hier mit *Lotze* vollständig zusammengetroffen wäre.

Wenn wir aber, wie wir sehen, wissenschaftlich nicht *genöthigt* werden können, eine Fortdauer der Empfindung in enthaupteten Thieren anzunehmen, so steht andererseits dieser Annahme auch nicht der Schatten eines Beweises entgegen. Ist die Frage auf diese Weise der subjectiven Anschauung anheimgegeben, so stehe ich für meinen Theil keinen Augenblick an, mit *Pflüger* und früheren vorurtheilslosen Beobachtern mich für das Zustandekommen einer wahren Empfindung und für die Möglichkeit des Schmerzgefühles auch in dem vom Hirn getrennten Rückenmark zu erklären, und stütze mich dabei vorzüglich auf den Gesammteindruck, den die Bewegungen eines enthaupteten Salamanders nach heftigen Reizungen machen. Hat doch selbst *Grainger*, einer der überzeugtesten Anhänger *M. Halls*, erklärt, dass diese Bewegungen Schmerzenszeichen so ausserordentlich ähnlich seien, und wenn er ihnen doch *diese* Bedeutung absprach, so that er es wohl nur auf jene angeblichen Gründe gestützt, deren Nichtigkeit wir oben nachgewiesen. Sind einmal diese Gründe gefallen, so wird für Jeden die Ansicht, dass die Reflexbewegungen nicht bloss von *Erregung*, sondern auch von *Gefühl* begleitet seien, viel natürlicher erscheinen, als die entgegengesetzte, die von unserm Standpunkte aus sogar als sehr *gesucht* bezeichnet werden muss. Sollte sich aber später ein Mittel ausfindig machen lassen, zwischen beiden Möglichkeiten sicher zu entscheiden, und würde der Sieg sich auf *Halls* Seite neigen, so würde ich es dennoch vorziehen, vorläufig mit seinen Gegnern zu irren, anstatt mit seinen Anhängern mich der Gefahr auszusetzen, mir im Zutrauen auf eine so sehr schwankende Theorie unbedenklich so viele unerhörte Grausamkeiten gegen verstümmelte Menschen und Thiere zu erlauben, wie sie z. B. bei *Hall (Kürschners* Uebersetzung pg. 21) in Betreff eines von ihm enthirnten neugeborenen Kindes zu lesen sind.

Die Ansicht, dass ein vom Hirn getrenntes Rückenmark noch empfinden könne, darf keineswegs auf den menschlichen Rumpf unmittelbar nach der Enthauptung bezogen werden. Wir wissen, dass auch bei denjenigen Thieren, welche die stärksten Reflexbewegungen zeigen, dieselben *sogleich* nach der Abtrennung des Hirns nicht vorhanden sind, das Rückenmark hat sich erst nach dem starken Eingriff wieder einige Zeit zu erholen, bis es von Neuem thätig wird. Bis dahin hat sich aber ein enthaupteter Mensch schon so sehr verblutet, dass an eine Restitution der verlorenen Funktionen nicht mehr zu denken ist.

Psychische Thätigkeit des Rückenmarks. Haben wir auch die Möglichkeit einer vom cerebralen Selbstbewusstsein unabhängigen Empfindlich-

keit des Rückenmarks gegen Reize zugegeben, ist das Rückenmark auch noch fähig, von äusseren Eindrücken unangenehm, vielleicht selbst angenehm, afficirt zu werden, so müssen wir ihm dennoch alles absprechen, was man gewöhnlich als *Wille* oder als *formelle Vorstellung* bezeichnet, und müssen uns besonders gegen die Ansicht verwahren, als seien die Reflexbewegungen sogenannte „willkührliche". Wir betrachten sie vielmehr als mechanische Erfolge der erregten Nervenleitung im reflectirenden Apparate. Die Erregung *kann* bei einem gewissen Grade dem Stumpfe *auch* unangenehm sein, aber sie bewirkt die Reflexe durch ihre *Stärke*, und nicht, *weil* sie unangenehm ist, oder wenigstens nicht *allein*, *weil* sie es ist.

Diese Ansicht mag paradox erscheinen, da man gewöhnt ist, den angenehmen oder unangenehmen Empfindungen den grössten Einfluss auf die Erregung unserer Bewegungen zuzuschreiben. Allerdings die angenehmen oder unangenehmen *Empfindungen* haben diesen Einfluss in hohem Grade, aber diese sind zu unterscheiden von der Empfindung des Angenehmen oder Unangenehmen an und für sich. Diese abstracte Empfindung des Unangenehmen muss sich mit der bestimmten Vorstellung eines schmerzenden Körpertheiles oder einer schmerzerregenden wirklichen oder eingebildeten Ursache verbinden, sie muss räumlich *lokalisirt* sein, um zur *unangenehmen Empfindung* zu werden und dann erst erregt sie reflectorisch gewisse Bewegungen. In andern Fällen kann sie uns im Gegentheil oft sogar so abstumpfen, dass unsere Beweglichkeit im Ganzen sehr vermindert wird. Da wir nun dem enthaupteten Thiere, wie wir sogleich näher rechtfertigen wollen, alle räumliche Vorstellung, auch in Betreff seines eigenen Körpers, absprechen, so können wir ihm höchstens die Empfindung des Unangenehmen zugestehen, die an und für sich keine Bewegung erzeugt.

Die Vertheidiger der „sensorischen Functionen des Rückenmarkes" glauben weiter gehen zu können. *Pflüger* (l. c. pg. 119), *Auerbach* (*Günsburgs* med. Zeitschr., Breslau 1856 Bd. IV. pg. 452) und mit ihnen in wesentlicher Uebereinstimmung *Funke* (Physiologie pag. 946) berufen sich auf einige von *Pflüger* mit anerkennenswerthem Scharfsinn zuerst ausgedachte und angestellte *Versuche*, um dem Rückenmark noch höhere „psychische" Thätigkeiten, „Vorstellung" und „Wille" zuzuschreiben. Hier aber können Versuche, und fielen sie noch so constant und glücklich aus, noch viel weniger beweisen als in Betracht der Empfindung. Wir sehen nur die Erscheinungen, ob wir aber ihre Ursache in einer oder der andern der vom gewöhnlichen abstracten Menschenverstande angenommenen psychologischen Categorien suchen *dürfen* (von *müssen* kann hier überhaupt nicht die Rede sein) oder nicht, hängt von dem concreten Begriff ab, den wir überhaupt noch wissenschaftlich mit jenen volksthümlichen Bezeichnungen verbinden können. Der Hauptheil und die Grundlage der Untersuchung ist daher rein begrifflicher, spekulativer Art. Jeder andere Weg führt zu blossen Wortstreitigkeiten und hat dazu schon reichlich Veranlassung gegeben. So sehen wir z. B. andere Schriftsteller die Ansichten der genannten Forscher energisch verwerfen und alle Erscheinungen von „blossen" mechanischen Einrichtungen herleiten, als wenn zwischen „Wille" und „Mechanik" ein wahrer Gegensatz bestünde, als wenn beide Reflexionsbegriffe nicht dialectisch in einander übergingen.

Wenn ich hier in wenigen kurzen Zügen eine begriffliche (die einzig mögliche) Behandlung der angeregten Streitfragen nach dem jetzigen Standpunkte der Naturwissenschaft anzudeuten versuche, so trägt diese Behandlung zunächst alle Mängel und Fehlerquellen einer jeden nur auf unserer subjectiven Vorstellung wurzelnden Untersuchung, ausserdem bin ich aber nach dem Plane dieses Lehrbuches genöthigt, einige vielleicht paradox erscheinende Lehrsätze aufzustellen, ohne hier näher auf ihre Beweise eingehen zu können. Ich berufe mich

zu ihrer Rechtfertigung einstweilen auf die Selbstbeobachtung meiner Leser, sollte ich aber hier fehl gehen, so ist die Anerkennung meiner Consequenz das Einzige, worauf ich Anspruch machen darf. *Neu* sind meine Ansichten durchaus nicht, die Denker aller Zeiten und aller Orten haben sie schon mehr oder weniger, mit anerzogenen Abstractionen verunreinigt, theilweise ausgesprochen, aber jene für den Styl so bequemen und den Begriff so verderblichen Abstractionen finden sich noch hin und wieder in allen, selbst den neuesten, Lehrbüchern der Physiologie, sie haben sich selbst in diejenigen Schriften eingeschlichen, die man mit Unrecht des vollständigsten Materialismus beschuldigt hat. Am reinsten gehalten finde ich eine kurze mehr andeutende Skizze in *Moleschotts* „Kreislauf des Lebens."

Die erste Frage, ob das Rückenmark eines eben oder vor Kurzem enthaupteten Thieres (und nur um *dieses* handelt es sich hier) eine räumliche *Vorstellung* von der Aussenwelt und der Lagerung seines eigenen Körpers haben könne, findet sich bereits im Vorhergehenden beantwortet. Die Vorstellung des Raumes ist nichts anderes, als diejenige räumlich von einander getrennter *Gegenstände.* Sie wird nun zwar wesentlich durch das Tastgefühl vermittelt, wenn aber ein Tasteindruck, wie wir bereits erwähnten, Raumvorstellung veranlassen soll, reflectirt er sich im vollkommenen Thiere noch auf irgend eine Affection der höheren Sinne. Wir alle haben erst dann eine wahre Vorstellung von der Lage unserer Glieder nach dem Erwachen aus dem Schlafe, oder von der Berührung derselben durch fremde Körper, wenn die unmittelbare Tastempfindung in uns einen *subjectiven* Gesichtseindruck erweckt hat, welcher uns gleichsam als blasses Schattenbild optisch die betreffenden Glieder vorstellt. Dieses in Verbindungtreten eines unmittelbaren Eindrucks mit anderen von ihm mechanisch auf die *Centra* anderer Sinnesorgane reflectirten, nennen wir erst das „Bewusstwerden" dieses Eindruckes. Wo aus irgend einem Grunde, z. B. weil die reflectirenden Centra nach einer andern Seite hin zu viel in Anspruch genommen worden, der Reflex eines Eindruckes auf andere Sinnesorgane geschwächt oder verhindert ist, da sprechen wir von Perceptionen, die an uns bewusstlos vorübergegangen sind. Die nicht durch gehörigen Reflex theilweise weiter übertragene Erregung kann sich dann im primär ergriffenen Sinnesorgan eine Zeit lang fixiren, um später, bei freieren Reflexorganen, erst wieder auf die anderen Sinne mechanisch einzuwirken.

So kommt es vor, dass wir z. B. einen Bekannten, der „unbemerkt" an uns vorübergegangen, erst nachher erkennen, d. h. der unmittelbare Sinneseindruck kann erst später reflectorisch die Bilder hervorrufen, welche seine *Beziehung* zu unserer Vorstellung von uns selbst enthalten. Die Reflexion eines Sinneseindruckes auf einen subjectiven anderen, die zum Bewusstwerden gehört, oder die wir als solches bezeichnen, *kann* innerhalb desselben Sinnesorganes verbleiben, so ist es häufig bei Gesichtsvorstellungen; so ist es beim Gehör, wenn wir eine Melodie aus ihrem Anfange „wieder erkennen". Beim Entstehen der Raumesanschauung aus Gefühlseindrücken ist dies aber bei uns nicht der Fall, wir würden alle, wie wir einmal gewöhnt sind, ein Raumgefühl ohne Reflex auf die höheren Sinne nicht mehr erhalten. Das Rückenmark allein, wenn es auch noch so gut empfindet, würde uns und wird einem Thiere keine Anschauung von der Lage der empfindenden Theile geben; es wird den Begriff der *Entfernung*, die Vorstellung einer veränderten Lage der eigenen Glieder, also einer Bewegung, in unserem Sinne nicht mehr gestatten, weil ihm die durch lange Gewohnheit nothwendig gewordene Ergänzung dieser Anschauungen durch die höheren Sinnesorgane fehlt; eine Ergänzung, durch welche die Vorstellung für das Thier erst *werden*

kann, und ohne welche sie ihm höchstens dasselbe wäre, wie für uns eine Berührung unserer Finger, ohne dass uns das subjective Gesichtsbild derselben mitentstünde, oder für den Blindgeborenen, ohne die subjective Gehörempfindung, welche der Bewegung der Fingerglieder entspricht und sie ihm *bedeutet*. Ueber die Möglichkeit einer *allmählichen* Hervorbildung des Raumsinnes nur aus dem Hautgefühle siehe oben pag. 209.

Die Vorstellung einer bestimmten *Form des eigenen Körpers*, einer bestimmten *Begrenzung* desselben, geht plötzlich mit denjenigen centralen Sinnesorganen verloren, deren Mitwirkung bei dieser Vorstellung bisher stets *erforderlich* war, und ohne welche sie nicht gedacht werden konnte. Kann nun aber, wie wir zugeben, das Rückenmark für sich noch empfinden, so werden die Empfindungen dennoch nicht mehr bestimmt localisirt, sie werden nicht mehr auf einen bestimmten Körpertheil bezogen, weil dieser nicht mehr in der Vorstellung vorhanden ist, sie werden nicht mehr als durch äussere Einflüsse *vermittelt* aufgefasst, weil ein „Aeusseres" nicht mehr von den verschwundenen Gränzen des eigenen Körpers *unterschieden* wird. Das Selbstbewusstsein wird nicht absolut aufhören müssen, aber wie durchaus verschieden vom gewöhnlichen thierischen Selbstbewusstsein wird sein *Inhalt* ausfallen. Eine Reihe gleichzeitiger oder sich folgender, als von Aussen herkommend charakterisirter Eindrücke und ihre Nachwirkungen in den Nervencentren, die alle in gegenseitige Beziehung zu einander treten, schaffen, im Gegensatz zu der vorhandenen und durch den Contrast immer neu geweckten Vorstellung des *eigenen* Körpers, dem gewöhnlichen Selbstbewusstsein ein *Ich* als Object. Durch dieses Object, durch dieses Abheben vom Nicht-ich, ist es individualisirt. So bildet sich das Selbstbewusstsein, durch die gegenseitige Reciprocität der Sinne allmählich aus.

Wird nun, durch einen Eingriff, plötzlich jede höhere Sinnesthätigkeit vernichtet, bleibt nichts mehr übrig, als das Hautgefühl, ohne Vorstellung des eigenen Körpers, die nur im Raume möglich ist, so ist dem Selbstbewusstsein sein wesentlichstes und beständiges *Object genommen*, und wenn es sich jetzt auch dadurch zu erhalten vermag, dass die verschiedenen noch möglichen Empfindungen im Rückenmark ein gemeinsames Centrum zu gegenseitigem Aufeinanderwirken besitzen, so ist es nicht mehr ein *individuelles*. Sein Object ist nur noch die Empfindung *an und für sich*, nicht ein empfindender *Körper*, ein Ich, welches sich nicht mehr von einer Aussenwelt abgränzt. Indem ein solches Rückenmark Veränderungen der Empfindungen gewahr wird, kann es sich höchstens sagen, dass dasselbe form- und raumlose Empfindungsvermögen *vorhin* anders empfand, als *jetzt*. Zwei schmerzhafte Gefühle werden es anders afficiren als eines, aber es wird sich nur von der *Verschiedenheit*, nicht von ihrer *Ursache* Rechenschaft geben können. So chaotisch traumhaft ist das Bewusstsein, das man, mit den günstigsten Vorurtheilen für die von *Pflüger* vertheidigte Ansicht, dem Rückenmarksstumpfe noch vindiciren kann. Nur *R. Wagner*, mit seinen theilbaren und dennoch von der Sinnlichkeit völlig unabhängigen Seelen, könnte ihm etwa ein Besseres gestatten.

Die andere aufgeworfene Frage ist, ob nach plötzlichem Ausschluss der Centra der Seh- und Hörorgane noch willkührliche Bewegungen möglich seien. Eine *willkührliche* Bewegung ist eine durch den Mechanismus der Centralorgane nothwendig erfolgende *Reflexbewegung*, angeregt durch eine Combination *bewusster* Empfindungen, von welcher die *Vorstellung* der entstehenden Bewegung selbst ein Glied ist.

Es wirkt z. B. ein bestimmter Reiz auf unsere Retina und erregt auf seine Weise das Gehirn, die Empfindungen, welche daselbst schon in Wirksamkeit sind, combiniren sich mit ihm, und erzeugen so einen *secundären* Reflex auf das Gesichtscentrum, in dem jetzt ein anderes, vom ersten abhängiges, Bild entsteht, der Vorgang kann sich so einige Male wiederholen, auf andere Sinnescentra, auf Hautgefühle, wirken und endlich in uns das Bild einer Bewegung unseres Körpers erzeugen und dies Bild wieder ein *anderes* von unserem Zustand *nach* der Bewegung. Im Falle nun alle diese innern gegenseitig von einander bedingten Vorgänge unseres Nervensystems sich zur Erzeugung einer Gesammtempfindung *unterstützen*, die sich auf die *Bewegungsorgane* in der vorgestellten Weise reflectirt, sagen wir, wir hätten die Bewegung *gewollt*. Sind aber die verschiedenen Vorstellungen, die der Bewegung mit inbegriffen, nicht stark genug, sich augenblicklich auf die Muskelnerven zu reflectiren, und wird ihre Wirkung sogar durch die *späteren* Vorstellungen noch geschwächt, so sagen wir, dass wir zwar die Bewegung *gewollt*, uns aber doch *entschlossen*, sie aus gewissen Gründen zu unterlassen. Je grössere Kenntniss unserer selbst wir erlangt haben, so dass wir durch Erfahrung um so sicherer bestimmen können, welche Empfindungen zu einem angeregten Empfindungscomplexe noch *hinzutreten* müssen, um uns zu dieser oder jener Reflexbewegung zu zwingen, je mehr wir auf der anderen Seite erkennen, dass dieselbe äussere Anregung zu sehr verschiedenen Reflexen führen kann, je nach der Richtung, welche ihr der augenblickliche *innere* Zustand unserer Centralorgane ertheilt und nach den Combinationen, die sie dadurch eingehen muss, um so mehr täuschen wir uns mit einer eingebildeten *„Freiheit des Willens."* Aber der „Wille" selbst ist nur eine unwissenschaftliche und unwahre Abstraction und die wahre menschliche Freiheit besteht darin, diese aufzugeben, und sie einer unbedingten Unterwerfung unter die Gesetze unseres inneren Wesens zu opfern.

Ist die *Vorstellung* einer Bewegung eine der *Bedingungen*, ohne die sie nicht willkührlich sein kann, so erfordert die willkührliche Bewegung eines *Gliedes*, z. B. des Fusses, als Vorbedingung das *Bild* dieses Fusses, als eines der Elemente ihrer Entstehung. Da sich aber nach dem Vorhergehenden im Rückenmark nicht mehr die Möglichkeit dieses Bildes vorfindet, so wird von ihm aus auch niemals der Fuss oder ein anderes Glied „willkührlich" bewegt werden. Um so weniger kann diese Bewegung einen bestimmten *örtlichen* Zweck verfolgen, weil der Begriff der Localität nicht mehr vorhanden ist. Es kann keine Bewegung zur Abwehr geschehen, weil dem isolirten Mark die Anschauung einer *Aussenwelt* fehlt, aus der eine, möglicherweise in der That *vorhandene*, unangenehme Empfindung als *objectives* Etwas zu ihm herantrete. Das enthauptete Thier macht nicht, wie es den Anschein hat, ohnmächtige Fluchtversuche, weil auch zu diesen die Vorstellung einer *äusseren* schmerzenden Ursache, der *Richtung*, und des *Raumes* gehört. Es fehlen alle Anschauungen, die das Thier bisher nicht der unmittelbaren, sondern der aus den Centren der höheren Sinne *reflectirten* Empfindung zu entnehmen gewohnt war, und es entstehen daher nur solche Reflexbewegungen, welche des cerebralen Mechanismus entbehren können.

Nachdem wir auf diese Weise unseren Standpunkt errungen, von welchem aus die Versuche zu beurtheilen sind, welche die Gegenwart einer Vorstellung, eines objectiven Bewusstseins und eines Willens beim enthaupteten Frosche beweisen sollen, wollen wir die in neuerer Zeit so viel besprochenen Experimente selbst näher betrachten und untersuchen, ob nicht der spinale Mechanismus allein ihre Resultate begreiflich machen kann. Ist dies nicht möglich, so wollen wir uns lieber ganz einfach bescheiden, die Sache nicht zu verstehen, als durch die Annahme eines „Willens" im Rückenmark unsere Begriffe einer Verwirrung aussetzen, bei welcher nur die Klarheit verloren geht, aber gar nichts gewonnen wird. Denn der scheinbare Erwerb eines spinalen Willens wäre

doch nur ein Wort, eine illusorische Abstraction, bei der sich nichts Concretes denken lässt und die uns wieder in das alte Dunkel der Psychologie immaterieller Geistesfähigkeiten versetzen würde, vor welchem hoffentlich auch *Pflüger* zurückschreckt.

Der Hauptversuch *Pflüger*'s ist folgender. Einem enthaupteten Frosch, dem man den Oberschenkel hoch oben mit Essigsäure betupft, beugt immer den gereizten Schenkel und wischt durch Hin- und Herbewegen des Fusses auf der betroffenen Stelle dieselbe ab. Schneidet man aber den Fuss dieses Schenkels weg, und betupft nun *dieselbe* Stelle mit Essigsäure, so wird der Schenkel, an dem das Thier vermöge der excentrischen Perception den Fuss noch erhalten glaubt, ebenfalls gebeugt und mit zunehmender Heftigkeit hin- und hergeführt, da aber das Abwischen so nicht zu Stande kommen kann, so wird, obschon der *centrale* Bewegungsmechanismus völlig erhalten blieb, das Thier zuletzt sehr unruhig („als suche es", wie *Pflüger* sagt, „nach einem neuen Mittel") bewegt sich sehr unregelmässig und beugt endlich den *anderen* Schenkel, so dass es jetzt mit der anderen Fusssohle die Säure abwischen kann. In anderen Fällen beugte es den gereizten Schenkel so unmässig, dass es die gereizte Stelle an der Bauchwand reiben konnte.

Dieser Versuch gelingt nicht immer, aber doch in vielen Fällen und selbst *Pflüger*'s Gegner haben ihn manchmal bestätigt gesehen.

Auerbach beschreibt eine interessante Modification dieses Versuches, in welchem nach der Enthauptung und der Amputation eines Schenkels ein Punkt der entsprechenden Rückenseite mit Säure betupft wird. Das Thier, des Gebrauches des entsprechenden Schenkels beraubt, wird sehr unruhig, und bleibt endlich, wie ermüdet, still liegen. Betupft man dann später eine Stelle auf der anderen Körperhälfte, so wischt sie das Thier mit dem Fusse ab, und nachdem dies geschehen, greift es plötzlich mit *demselben* Fusse nach der anderen Seite hinüber, und reibt die *zuerst* betroffene Stelle, als sei ihm jetzt erst eingefallen, dass es dies auch mit dem anderen Fusse, der eben in Thätigkeit war, thun könne.

Diese Versuche, in welchen das enthauptete Thier bei Erfolglosigkeit der gewöhnlichen Bewegung sich einer anderen ungewöhnlichen zum Abwischen bediente, sollen beweisen, dass nicht der Reiz mechanisch eine bestimmte Bewegung verlangt, deren Ausführung, wenigstens von centraler Seite, ja auch nach der Amputation nichts im Wege stand, weil diese Operation die Selbsttäuschung einer wirklich vollbrachten Bewegung nicht hindert, sondern dass das Rückenmark noch einen bestimmten „Zweck" erreichen „will", zu dessen Erreichung es passende Mittel zu wählen weiss, die ihm nicht durch einen Mechanismus vorgeschrieben sein können. Dem leicht vorherzusehenden Einwurf, dass die nicht abgewischte Säure als ein beständiger immer stärker werdender Reiz wirke, der endlich den anderen Schenkel mechanisch in Mitbewegung ziehe, hat *Pflüger* dadurch begegnet, dass er nicht das Abwischen durch den entsprechenden Fuss verhinderte, aber beständig die abgewischte Säure durch neue ersetzte, auch hier sollte seiner Meinung nach der Reiz eben so an Stärke zunehmen, wie wenn nicht abgewischt würde, und dennoch war es immer nur der *eine* Fuss, nicht der *andere*, der sich in Bewegung setzte.

Mir scheint es aber nichtsdestoweniger, dass diese Versuche sich ohne Herbeiziehung eines Zweckbegriffes und einer Vorstellung von der Oertlichkeit der Organe, also einer *„willkührlichen"* Bewegung auffassen lassen. Es ist nämlich durchaus nicht constant, dass enthauptete Thiere immer nur die Glieder der *gereizten* Seite, oder die Glieder beider Seiten,

aber auf eine ganz *gleichförmige* Weise bewegen. Eine *starke* Erregung, auch ausserhalb der Mittellinie, setzt alle vier Glieder, oder die zwei oberen oder die zwei unteren in Bewegung und zwar so, dass sie stets dem gereizten Punkte zugeführt werden, so verschieden auch für beide Seiten die hierzu nöthige Bewegung sein muss.

Zwischen jedem sensibeln Punkte und dem Bewegungsnervencomplexe, durch welche die vier Glieder oder (wenn der Punkt zu weit von der Mitte der Länge des Thieres entfernt ist) die zwei näheren Glieder ihm zugeführt werden, besteht also eine reflectorische Verbindung. Diese ist leichter und bei geringerem Reize in Thätigkeit zu setzen für die Glieder der *betroffenen* Körperhälfte, als für die der *anderen.* Ist hingegen die Reflexthätigkeit zu sehr exaltirt, so werden diese Beziehungen ebenfalls verhüllt, weil dann von jedem Punkte alle Muskeln tetanisch gespannt werden können.

Jeder Reiz, der die Haut momentan trifft, ruft einen Bewegungsantrieb in mehreren Extremitäten hervor, aber dieser äussert sich in der Regel vorläufig nur in *den* Muskeln, wo er am stärksten ist. Daher wird im *Pflüger*'schen Versuche, wenn die Frösche nicht so reizbar sind, dass ganz ungeordnete Bewegungen entstehen, zuerst nur der *entsprechende* Fuss bewegt oder in Bewegung zu setzen versucht. Dauert dessen ungeachtet der Reiz länger, greift er tiefer ein, und weil trotz der versuchten Bewegungen die Stelle nicht gewischt wird, so werden die Reflexbewegungen allgemeiner und der dem anderen Fusse entsprechende Mechanismus wird in Thätigkeit versetzt.

So weit wäre die Sache sehr einfach und leicht zu durchschauen. Die Schwierigkeit besteht aber darin, zu erklären, warum, wenn man *viel* Essigsäure anwendet, nie *sogleich* beide Extremitäten zu dem Punkte hingeführt werden, während der Reiz doch jetzt intensiver zu sein scheint, und warum ferner, wie *Pflüger* gezeigt hat, wenn man den Reiz nicht *dadurch* unterhält und intensiver werden lässt, dass man das Abwischen mit dem entsprechenden Fusse verhindert, sondern *dadurch*, dass man auf die geriebene Stelle stets neue Säuretropfen bringt, die motorische Wirkung auf den entsprechenden Fuss beschränkt bleibt und trotz des anscheinend beständigen Zuwachses des Reizes *nicht* auf die andere Seite überspringt, selbst wenn endlich die Haut ganz zerstört wird. Gleichsam als wisse das Rückenmark, es habe sein Möglichstes gethan, wenn es ihm nur gelingt, die Stelle zu reiben.

Was den ersten Punkt betrifft, so sieht man allerdings bei starken mechanischen Reizen, dass der Frosch, wenn er nur erregbar genug ist, manchmal sogleich von Anfang beide Hinterfüsse zu Hülfe nimmt. Bei *chemischen* aber, so gross die Quantität ist, bleibt die Einwirkung wegen des langsamen Eindringens immer eine allmähliche. Sie beginnt mit leisem Prikeln, das zunächst den entsprechenden Fuss in Bewegung setzt. Warum aber später, wenn die Einwirkung wächst, nicht auch der andere Fuss zur Thätigkeit kommt, wird sich aus der Erklärung des folgenden Punktes ergeben.

Soll das Kratzen wirklich den Reiz dadurch vermindern, oder in seiner Wirkung aufhalten, dass es die Säure *abwischt*, und dies wird allgemein angenommen, so muss man nothwendig seine Wirkung *vereiteln* und die Reizung noch *mehren*, dadurch, dass man beständig wieder neue Säure auftupft, und es müsste so, wenn unsere Erklärung sonst richtig ist, das genügend reizbare Thier dennoch zuletzt zur Bewegung des anderen Fusses gezwungen werden können. Verhält sich aber, wie kaum zu bezweifeln, der Frosch in dieser Beziehung wie der Mensch, so min-

dert das Kratzen den Reiz nicht dadurch, dass es ihn *entfernt*, sondern dadurch, dass es neben dem lästigen juckenden Gefühle noch ein *anderes* in denselben Nervenbahnen erzeugt, welches weniger erregend als das erstere, dasselbe durch seine Verschiedenheit verdeckt. Die juckende Ursache kann während des Kratzens ungestört fortdauern, ja sie kann sich bedeutend vermehren, ohne dass sie reizend zu wirken fortfährt. Die Erfahrungen, welche dies beweisen, kann man leicht an sich selbst machen, wenn man sie nicht durch Zufall schon im Gedächtnisse vorfindet. Man lässt sich bei verbundenen Augen am Vorderarme an einer kleinen Stelle mit einer Nessel brennen, und suche dann nur den berührten Punkt zu kratzen, ohne mit den Fingern grosse Excursionen zu machen. Sehr häufig, ja gewöhnlich, kratzt man jetzt gar nicht die gebrannte Hautstelle, sondern eine nebenan, oft ziemlich entfernt gelegene. Nichts desto weniger wird während des Kratzens, und auch, so lange sein Nachgefühl lebhaft dauert, das Jucken aufhören oder sehr vermindert sein, obschon man gar nicht die juckende Stelle berührt hat, die unterdessen immer mehr aufschwillt. Hat man, in der Täuschung, das Jucken habe aufgehört, das Kratzen eine Zeit lang eingestellt, so bemerkt man das lästige Gefühl wieder in voller, oft durch die längere Einwirkung des ätzenden Saftes vermehrter Stärke. Jetzt kratzt man wieder und bereitet sich oft eine ähnliche Selbsttäuschung. Die Empfindung des Kratzens in demselben Gefühlskreise setzt den Eindruck des Juckens so herab, dass man sich oft, *ohne es nur zu merken*, während des Kratzens dicht neben dem erstgetroffenen Punkte zum zweiten Male mit einer Nessel stechen lassen kann. Diesen Versuch kann man auf das mannichfaltigste variiren und es ist selbst bei Theilen mit deutlicherem Ortsgefühl gar nicht nöthig, dass die gekratzte Stelle der gereizten so sehr nahe liege. Während ich gegen kitzelnde Hautreize ungewöhnlich stark erregbar bin, habe ich oft das Saugen der Stechschnacken auf meinem Handrücken mit angesehen, und vertrieb mir dabei das lästige Gefühl durch starkes Kratzen am Daumenballen.

Wenn nun das zweckmässige Reiben der Haut die Wirkung eines Reizes aufhält, nicht durch *Entfernung* desselben, sondern durch den *Hinzutritt eines anderen* die reflectorische Wirkung mindernden *positiven* Gefühles, so wird ein Frosch, so bald er nur einmal dazu gelangt ist, sich wirklich mit dem Fusse zu reiben und die Wirkung des Reibens empfindet, fast gleichgültig erscheinen gegen die Vermehrung oder das tiefere Eingreifen der Säure, weil dadurch der Reiz jetzt nicht mehr proportional erhöht wird. Hingegen geschieht dies durch längere Dauer der Einwirkung, wenn das moderirende Gefühl des Reibens nicht entsteht, und darum wird er nur im letzteren Falle zuletzt häufig den anderen Fuss in Bewegung setzen. Es ist dies keine Handlung sogenannter „freier Wahl", sondern der ungehindert angeregten mechanischen Nothwendigkeit.

Auerbach's Versuch beruht hingegen auf der anerkannten Thatsache, dass eine wenig erregbare Muskelgruppe einem schwächeren Reize dann leichter gehorcht, wenn sie durch einen stärkeren erst aus ihrer lange angehaltenen Ruhe gerüttelt ist.

Auch der Umstand, dass ein mit einem Stückchen thätigen Rückenmarks in Verbindung stehender Schwanz, den man einer Flamme nähert, sich angeblich beständig von derselben *abwende*, hat man als eine Willensäusserung des Rückenmarkes geltend gemacht. Der „blosse Reflexmechanismus" (was hat man sich wohl bei diesem Worte vorgestellt?) wirke stets nur auf die Muskeln der gereizten Körperhälfte, während

doch hier die der anderen in Thätigkeit träten. Es ist gerade aber diese letztere Voraussetzung, welche eines jeden Beweises entbehrt, wenn wir nicht mit einer petitio principii bei Erforschung der Gesetze des Reflexes, die unserer Kritik als Basis dienen sollen, schon im Voraus alle jene zusammengesetzteren Bewegungen ausschliessen, die wir gerne als nicht reflectirte darstellen möchten. Es ist natürlich, dass alle angeblichen „Gesetze der Reflexionen“, die auf solche Weise gewonnen werden konnten, keinen allgemein gültigen wissenschaftlichen Werth beanspruchen dürfen. Es fehlt ganz und gar an einem bestimmten Principe, und es wird auch nach meiner Ueberzeugung nie ein solches zu finden sein, nach welchem sich eine Gruppe von Bewegungen als „wahrhaft reflectirte“ von einer anderen Gruppe, die einem nicht vorstellbaren Etwas (nenne man es „Wille“, „Sensorium“, „Psyche“ oder sonst wie) ihre Entstehung verdanke, abtrennen liesse, und darum liegt es vielleicht noch für Jahrtausende ausser dem Bereiche unserer Wissenschaft die „Gesetze der Reflexe“ im Einzelnen zu bestimmen. Wir erkennen von unserem Standpunkte auch zweierlei Arten der Bewegung an, aber der *Reflex*bewegung setzen wir nur die *Reiz*bewegung gegenüber, welche durch *unmittelbare* Ansprache der Bewegungsnerven entsteht, und die im Herzschlag ihren hervorstehendsten Vertreter findet.

Ich unterlasse hier eine weiter eingehende Kritik des Experimentes am Schwanze, weil ich dasselbe, aus Mangel an geeigneteren Thieren, nur an Lacerta (Zootoca) pyrrhogastra wiederholen konnte, an Eidechsen aber zu seinem Gelingen angeblich ganz besondere Cautelen erfordert werden, die ich freilich nicht vernachlässigte. Ich sah den präparirten Schwanz bei Annäherung eines Reizes, z. B. eines brennenden Zündhölzchens, meistens eine Sförmige Biegung machen, so dass, wenn der Reiz die Spitzenhälfte traf, derselbe von ihm *entfernt* wurde, reizte ich aber in der Nähe der Wurzel, so wurde diese *genähert*.

Auerbach hebt hervor, dass, wenn man der schmerzenden Stelle in einem enthaupteten Thiere künstlich eine ungewöhnliche Lage zu den anderen Körpertheilen gibt, und sie in derselben erhält, die Reflexbewegungen so verändert werden, dass sie, von ihrem gewöhnlichen Typus abweichend, dennoch die gereizte Stelle erreichen, sie gleichsam *aufsuchen*. Dies beweist kein *localisirtes* Ortsgefühl und noch weniger beweist es etwas gegen das Princip des Mechanismus. Es geht hieraus nur mit Bestimmtheit hervor, dass, wenn die nicht nothwendig im Bewusstsein localisirte Empfindung, die der veränderten Lage entspringt, mit zu den erregenden Elementen der Reflexbewegung hinzutritt, diese eine andere wird. Andere Ursachen müssen andere Effecte hervorbringen.

Nachdem ich auf diese Weise die Controverse über die Ursache der Reflexthätigkeit im Rückenmark mit derjenigen Ausführlichkeit behandelt, die mir das grosse Interesse der Sache und eine gerade, jetzt alle denkenden Physiologen lebhaft beschäftigenden Frage, selbst innerhalb der engen Gränzen dieses Lehrbuches, zu gestatten schien, freue ich mich, mit den *Pflüger*'schen Ansichten in folgenden Kardinalpunkten übereinstimmen zu können.

1) Es ist durchaus kein beweisender Grund vorhanden, dem Rückenmark eines vor Kurzem enthirnten Thieres die Fähigkeit der Empfindung abzusprechen.

2) Es ist vielmehr höchst wahrscheinlich, das wirkliche Empfindungen nach Reizen auch in einem solchen Rückenmarke zu Stande kommen.

3) Das Grundprincip, nach welchem sensible Eindrücke in Bewegungen umgesetzt werden, ist im Hirn und Rückenmark nicht verschieden.

4) Die *spinalen* Bewegungen unterscheiden sich von den *cerebralen* wesentlich dadurch, dass bei letzteren, wie dies *Cuvier* schon hervorhob, die centralen Sphären der höheren Sinnesorgane (Gesicht, Gehör, vielleicht auch Geruch) als in sich und auf die motorischen Nerven reflectirende Erreger mitwirken. Hingegen haben wir gesehen, wie sehr bedeutend der Einfluss ist, den die Entziehung jener Mitwirkung auf den ganzen Charakter der Bewegung und Empfindung im Rückenmark nothwendig haben muss.

Cuvier bezeichnet das Gehirn auch noch als Organ des „*Gedächtnisses*", das er dem Rückenmark abspricht und *Pflüger* scheint ihm hierin beizustimmen. Soll aber mit dem Worte Gedächtniss ein bestimmter concreter Sinn verbunden werden, so finden wir ihn wohl nur in der Fähigkeit, welche den reflectirenden Organen zukommt, *eine mehrgliedrige Reihe von Erregungen, von welchen sie ein oder mehrere Male gleichzeitig oder in zusammenhängender Folge betroffen wurden, bei späterem Auftreten eines ihrer Glieder wieder subjectiv zu ergänzen.* Diese Fähigkeit kommt aber dem Rückenmark ebenso sehr zu wie dem Gehirn, wenigstens ist durchaus kein Grund vorhanden, dies zu läugnen, und viele Thatsachen sprechen dafür. Nicht einmal im höheren Grade ist man berechtigt, dem Gehirn „Gedächtniss" zuzuschreiben, aber klar ist es, dass die Mannichfaltigkeit der Erregungsformen, denen die cerebralen Sinnesorgane zugänglich sind, ihrem Gedächtniss einen viel grösseren Spielraum und eine viel häufigere Anregung gestattet. Ein „Gedächtniss" innerhalb der Nerven oder der peripherischen Sinnesorgane ist aber nach der obigen Auffassung nicht anzunehmen.

Wir haben hier, wie man sieht, dem *Mechanismus* viel, sehr viel anvertraut, wir haben das Wohl und das Wehe des Körpers in seine Hände gelegt, aber sicher in keine *unwürdigen*. Denn was ist das mechanische Geschehen anderes als ein unmittelbares Eingreifen desselben mächtigen Schöpfers, den doch zuletzt auch unsere Gegner freilich durch die entbehrliche Vermittlung einer mystischen „Rückenmarksseele" die Bewegungen unseres Körpers regieren lassen, und ich bin mit *Lotze* (Allg. Pathol. pag. 219) überzeugt, dass es dem Schöpfer „eben so leicht ist, bewundernswürdige und zweckmässige Reactionen durch rein mechanische Mittel dem Körper einzupflanzen, als es der Froschseele nach jenen Physiologen sein muss, sie durch ihre Ueberlegung und ihren Willen auszuführen. Die Verfechter jener Ansichten", sagt *Lotze* weiter „benahmen sich nicht selten so, als hätten die, welche hier mechanisch erklären und erkennen wollen, auch die Verpflichtungen, einen solchen Mechanismus künstlich herzustellen. Dies allein kann eine so wunderliche Geringschätzung der mechanischen Verhältnisse erwecken. Wir möchten umgekehrt behaupten, dass alle Actionen, welche die verschiedensten Körper in derselben Weise einfach und zweckmässig vollziehen, — — — Erzeugnisse der göttlichen Schöpferkraft sind, die ihnen durch einen fertigen und vollendeten Mechanismus nicht nur die Möglichkeit, sondern auch den Impuls zu ihrer Ausübung gibt." So sprach *Lotze* in seiner *vorwagnerischen* Zeit.

Mitempfindung. Es ist im Vorhergehenden schon mehrfach vorausgesetzt worden, was hier noch einmal besonders erwähnt werden soll, dass die Ausbreitung der Erregung nicht allein zwischen sensibeln und motorischen Theilen der Centren stattfindet, sondern dass von Aussen eindringende Gefühlseindrücke auch auf andere fühlende Centraltheile erregend reflectirt werden können. Die vielfache Verkettung der mit sensibeln Nerven verbundenen centralen Kugeln unter sich gibt dieser Wahrnehmung auch ein anatomisches Substrat.

Es entstehen auf diesem Wege subjective Empfindungen, und wenn die *Sinnescentra* angeregt werden, subjective *sinnliche Vorstellungen*, die beim wachenden Menschen in der Regel sehr schwach erscheinen, und

deren nicht objectiver Natur man sich bewusst ist. Die relative Schwäche derselben und ihr subjectiver Charakter scheint daraus zu entspringen, dass man dadurch, dass die den afficirten Centralpunkten entsprechenden peripherischen Nervenenden und ihre benachbarten Nervenausbreitungen gleichzeitig durch *wirkliche*, *äussere* Objecte angeregt werden, Gelegenheit hat, die Erscheinungsweise dieser Bilder immer mit der eines wirklichen äusseren Eindruckes zu vergleichen, die an und für sich viel lebhafter ist, abgesehen davon, dass wahrscheinlich jede Erregung die Centren um so mächtiger erscheint, je peripherischer ihr Ausgangspunkt im Nervensystem ist.

Bei den Sinnesorganen, welche jedes Bild nach Aussen zu verlegen gewohnt sind, verräth sich der subjective Charakter der reflectirten Empfindung auch noch dadurch, dass *derselbe Raum*, in den wir sie verlegen würden, bereits durch ein anderes Bild eingenommen ist, das wir durch die Lebhaftigkeit seiner Farben und durch seinen Zusammenhang mit der übrigen Aussenwelt als objectiv erkennen.

Diese relative Blässe der reflectirten subjectiven Empfindungen entgeht uns aber, wenn uns die von den peripherischen Sinnesorganen gelieferten Vergleichungsobjecte fehlen, und wenn sie nicht mehr durch wirkliche Bilder aus dem Raume, der Aussenwelt, verdrängt werden. Das ist z. B. im nicht ganz vollständigen Schlafe der Fall, wenn die innern Reflexe noch thätig sind, die äusseren Wahrnehmungen aber fehlen. Darum erscheinen uns in diesem Zustand die subjectiven Reflexbilder wirklich der Aussenwelt anzugehören. (Traum.) Auch im Wachen können oft bei Personen, die nicht an eine scharfe Unterscheidung des Objectes gewohnt sind und bei denen die Reflexthätigkeit in einer bestimmten Richtung sehr gesteigert ist, subjective Bilder so lebhaft auftreten, dass sie nicht mehr von den objectiven abgegränzt werden. (Hallucination.) Man begreift hieraus, dass solche Reflexe oft nur bei solchen Gelegenheiten lebhaft empfunden werden, wo die äussern Eindrücke eine gewisse sich nicht mehr gehörig hervorhebende Einförmigkeit erlangen. (z. B. auf dem Meere, bei Wüstenreisen), warum sie (Vgl. Moreau, du Hachisch Paris 1845 pag. 217) besonders dann bei vielen Personen hervortreten, wenn sie die Augen schliessen, so dass sie sich hie und da Hallucinationen auf diese Weise willkührlich schaffen können.[1]) Subjective Reflexempfindungen, die zwischen den deutlich als solche erkannten Vorstellungen und den Hallucinationen in der Mitte stehen, die gleichsam als blasse Schattenbilder äusserlich und durchsichtig vor den als wirklich erkannten Objecten vorüberziehen, werden als ***Phantasien*** bezeichnet. Es ist hier vom Vorstellen bis zum Irrsinn ein beständig gradweiser Uebergang, der hauptsächlich in der immer mehr sinkenden relativen Macht des peripherisch entstandenen objectiven Eindrucks im Vergleich zum subjectiven begründet ist.

Nicht alle Thatsachen, welche man als Mitempfindungen ansehen zu müssen glaubte, können unbedingt als solche angenommen werden, und besonders bleiben viele derjenigen ihrer Natur nach zweifelhaft, welche die Existenz von Reflexempfindungen auf *spinalem* Gebiete erweisen sollten. Es können hier nämlich in einzelnen Fällen versteckte und der Aufmerksamkeit sich beharrlich entziehende Reflex*bewegungen* erst wieder in zweiter Reihe durch Verschiebung sensibler Flächen, durch Druck etc. Empfindungen zur Folge gehabt haben. *Valentin* hat auf die hier auftretenden Schwierigkeiten zuerst hingewiesen und mehrere Schriftsteller sind ihm hierin gefolgt. Es ist natürlich, dass wenn es sich nur um reine Empfindungen handelt, wir an uns nur selten solche treffen werden, die ohne die cerebrale Thätigkeit, unser Selbstbewusstsein, zu berühren, doch den Verdacht gleichzeitiger Bewegung ausschlies-

---

[1]) Schon ***Baillarger*** hat dies hervorgehoben, vergl. ***Gaz. medicale*** vom 21. Mai 1842.

sen, indessen *sind* solche vorhanden. Freilich wechseln dieselben individuell und sind nur der Beobachtung einzelner Individuen, oft krankhaft empfindlicher, entnommen, ohne dass sie auf Allgemeingültigkeit für alle Menschen Anspruch machen dürften. Um so unleugbarer und allgemeiner erscheinen aber die Mitempfindungen auf cerebralem Gebiete.

Reflexe durch Bewegungen veranlasst. Man hat angenommen, dass Bewegungen auch Empfindungseindrücke durch Vermittlung des Markes erzeugen könnten. Alle Thatsachen, auf die man diese Ansicht gegründet, schliessen aber eine directe Reizung von Empfindungsnerven nicht aus, die durch unmittelbare Leitung zu den Centren entweder die beobachtete Empfindung bewirkt, oder erst secundär, auf dem Wege der Mitempfindung, erzeugt haben können.

Ebensowenig darf man behaupten, dass eine Bewegung, ohne Vermittlung von Empfindung, reflectorisch eine andere motorische Erregung erzeuge. Mehrere leicht zu unterscheidende Bewegungen entstehen oft gleichzeitig aus rein mechanischen Bedingungen. Hierher gehört z. B. die Mitbewegung mehrerer Finger bei Beugung eines einzelnen. Uebung der Einzelbewegung bei anfangs künstlicher, später durch Aufmerksamkeit erzielter, Verhinderung der begleitenden Contractionen, kann solche Verhältnisse beschränken oder beseitigen. Andere *Mitbewegungen* entstehen dadurch, dass man nicht im Stande ist, die von den Centren ausgehende motorische Erregung in ihrer Ausdehnung gehörig einzugränzen. Hier erregen sich die Bewegungen ebenfalls nicht gegenseitig, sondern *ein und derselbe* Reflex ruft sie *gleichzeitig* hervor. Auch dies kann durch Anstrengung und Uebung oft überwunden werden. So lernt man mit der Zeit gegen die von Kindheit auf anerzogene Gewöhnung *ein* Auge allein zu schliessen. Nicht alle Verhältnisse dieser Art beruhen auf Gewohnheit, manche z. B. die Mitbewegungen der Pupille, der Bewegungscomplex beim Husten, Erbrechen u. s. w. sind in einer angeborenen Disposition des Nervensystemes begründet, und die letzteren Mitbewegungen können wahrscheinlich nicht durch Uebung wieder von einander gelöst werden. Manche Mitbewegungen dieser Gattung sind individuell z. B. das Verzerren einzelner Gesichtsmuskeln beim Sprechen, andere können erst durch krankhafte Veränderungen des Nervensystems erworben werden, hierauf beruhen manche Arten des Schreibekrampfs, des Stotterns, des Veitstanzes. Auch in Betreff der hier besprochenen Punkte hat *Valentins* Kritik manches frühere Dunkel gelichtet.

Ausgangspunkte der Reflexe. Es ist an sich klar, dass von allen empfindenden Theilen aus Reflexe erregt werden und dass alle von den Centren innervirten Muskeln reflectorisch in Bewegung versetzt werden können. In Betreff des Näheren ist anzuführen, dass spinale Reflexe am leichtesten durch Anregungen von mässiger *Dauer* entstehen. Es dürfen daher nach der Trennung des Gehirns vom Rückenmark, wenn noch nachhaltige und intensive Bewegungen hervorgerufen werden sollen, keine zu starken Reize angewendet werden, welche den Nerven rasch schwächen oder desorganisiren, weil die *Intensität* eines momentanen Reizes seine *Dauer* in dieser Beziehung nicht ersetzen kann. Am besten wirken daher langsam eingreifende, an Intensität der Wirkung zunehmende Agentien, allmählich verstärkter Druck und chemische Reizung. Electricität, die schon gleichmässiger vom ersten Eintritt bis zum Beginn der Ermüdung wirkt, hat nicht so ausgesprochene Effecte.

Bei Gegenwart des Gehirns tritt noch zu den eben erwähnten ein anderes Moment. Die Vorstellung einer Empfindung waffnet die Anta-

gonisten oft schon im Voraus gegen die möglichen Reflexbewegungen. Daher wirkt hier ein Reiz, der den obigen Bedingungen im Allgemeinen entspricht, um so stärker und um so ausgebreiteter, je weniger er mit der Vorstellung kongruirt, die wir von seinem Eintreten haben. Man kann darum leichter die Reflexbewegungen vermeiden, die ein ausgesprochener Schmerz erzeugt, als die Wirkungen des stets und unerwartet schwankenden Kitzels besiegen. Man vermag sich aber auch deshalb nicht selbst absichtlich zum Lachen zu kitzeln, kann aber es stets von einem Anderen thun *lassen*, weil man dann wohl den Effect im Ganzen, nicht aber jede einzelne Schwankung der Berührungsintensität vorher weiss.

Man hat behauptet, das Wirksame beim Kitzel sei die eigenthümliche *Schwäche* der Berührung, die reizender eingreife, als eine starke entschiedene. Es scheint aber nur die nothwendig damit verbundene beständige Schwankung der Intensität zu sein, denn man erhält die eigenthümliche Kitzelwirkung auch, wenn man einen Menschen in schneller Folge an immer anderen Hautstellen mit der Fingerspitze ziemlich *stark* stösst. Die Stösse können, wie ich gesehen, so stark sein, dass bei dazu disponirten Personen Sugillationen entstehen.

Der grösseren Empfindlichkeit der Nervenenden verdankt die Haut den Vorzug, dessen sie bei Erregung von Reflexbewegungen geniesst. Die sensibeln Nervenstämme sind weniger dazu geeignet, doch aber noch wirksam genug.

Die Muskeln erregen nie Reflexbewegungen, wenn nicht bei ihrer Reizung durchtretende oder anliegende Nervenstämme mit betroffen worden.

Von den Eingeweiden aus kann man nach der Enthauptung in günstigen Fällen starke Reflexe erzielen. Vergl. *Valentin* Physiologie II. Bd. pag. 485. Vom Darm und Magen aus ist mir das bei reizbaren Thieren öfter gelungen, von den inneren Geschlechtsorganen hatte ich nur zweifelhafte Erfolge, von den Nieren bis jetzt noch keine, wenn ich die benachbarten Nerven, und die an der inneren Seite eintretenden Nierennerven selbst vermied. Die wechselnde Schmerzempfindlichkeit dieser Organe erklärt das Unbeständige dieses Erfolges. Die nicht entzündete *Schleimhaut* des Darmes erregte mir bis jetzt noch keine Reflexbewegungen. Ob wohl die angebliche Leichtigkeit, mit welcher ihre Reizungen nach den Angaben mancher Pathologen allgemeine Krämpfe erzeugen soll, sich nur für die entzündete bewährt?

Die frühere Angabe von *Pickford*, dass Reflexe zwischen Eingeweiden und freien Körpermuskeln nicht durch das Rückenmark nach Abtrennung der Medulla oblongata zu Stande kommen können, beruht, wie zuerst *Martino* gezeigt und wie *Valentin*, und für den Darm auch *ich selbst*, bestätigt haben, auf einem Irrthume. Für Herz und Magen ist *Pickford*'s Angabe richtig.

Von den Sehnen, dem Periost, der membrana interossea, die im gesunden Zustande zwar die Berührung äusserer Agentien empfinden, aber nicht in dem Grade, dass dadurch Schmerzen entstehen können, habe ich blosse spinale Reflexe (nach Durchschneidung des Halsmarks) nie erlangen können. War hingegen das Gehirn noch wirksam, so erzeugte die kräftige Berührung dieser Theile und Quetschung derselben sehr ausgesprochene Bewegungen, der Kopf wurde in die Höhe gehoben, die Augen, die Ohren wurden aus ihrer Lage gebracht, die Respiration wurde tiefer, rascher. Alle diese Umstände deuten darauf hin, dass der hier entstandene Reflex nicht dem unmittelbaren Reize seine Entstehung verdankt, sondern der Vorstellung eines äusseren Eingriffes, der sich mit ihm combinirte, und das Thier (Kaninchen, Katze) ängstigte.

Durch den Reflex können nicht nur alle freien Körpermuskeln in Bewegung versetzt werden, sondern auch die Muskeln der vegetativen Organe. Unter letzteren zeigt sich dies am deutlichsten beim Herzen. Eine vom Herzen *ausgehende* Reflexbewegung, bei der also das Herz den Angriffspunkt des Reizes bildet, ist mir nie deutlich gewesen, hingegen ist es evident, dass bei Anwesenheit des verlängerten Werkes und bei unversehrtem N. vagus das Herz durch Reizung von fast allen empfindlichen Körpertheilen aus reflectorisch angeregt werden kann. Der Magen kann unter gleichen Verhältnissen sowohl Ausgangspunkt als Endpunkt reflectorischer Erregung bilden. Darmbewegungen nach Reizung der Hinterfüsse hat *Valentin* bei Fröschen angeregt, es ist mir aber noch nicht geglückt, den Versuch auf ganz überzeugende Weise zu wiederholen. Darmreizung bewirkt, wie bereits angedeutet, Bewegungen freier Körpermuskeln, der Bauchmuskeln, der Extremitäten. Die Darm*nerven* reflectiren auf dieselben Organe und bereits *J. Müller* sah Zuckungen der Bauchmuskeln nach Reizung des N. splanchnicus. Auch dieser Versuch (am Gangl. coeliacum) gelingt nach Abtrennung der Medulla oblongata bei künstlicher Respiration an Säugethieren.

Auch die Muskeln der Gefässe und der Secretionsorgane können von sensibeln Rückenmarksnerven aus angeregt werden, so dass *Blässe, Röthung* mancher Organe (z. B. der Bindehaut des Auges) vermehrte Excretion und sogar vermehrte Secretion reflectorisch entstehen können.

Es sind bekannte Thatsachen, dass vermehrter Speichelzufluss im Munde reflectorisch durch Erregung des N. glossopha ryngeus entsteht, dass Reflexe die Thränenabsonderung bethätigen können, dass bei vielen Menschen Streichen auf der Haut der Wange dieselbe bald in Schweiss bringt. Hier können wir überall eine Vermehrung der Secretion annehmen. Vermehrte Excretion zeigt sich bei reflectorischem Saamenerguss nach Reizung der Genitalien. Ebenso zeigt eine alte Erfahrung, dass bei Hautreizung aus den Cutisdrüsen der Batrachier eine grosse Menge des Secretes hervordringt. Dies ist am auffallendsten bei Bombinator igneus. *Kürschner* hat bei Rana gezeigt, dass dies auch nach Entfernung des Gehirns eintritt (l. c. pag. 153).

Normale und krankhafte Reflexe. Ob unter denjenigen normalen zusammengesetzten Reflexbewegungen, welche von aller Vorstellung und Uebung unabhängig einer angeborenen Disposition unseres Nervensystemes zugeschrieben werden müssen, als Schauder, Niesen, Husten, Erbrechen u. s. w. einzelne vorkommen, welche ganz oder theilweise im *Rückenmarke*, unabhängig von der Med. oblongata, ihren Sitz haben, ist nicht zu bestimmen. Thatsache ist, dass alle *eben* namhaft angeführten Beispiele nicht dem Rückenmarke, sondern allein der Med. oblongata angehören, bei welcher sie näher besprochen werden sollen. Andere angeborene Reflexe vollbringen sich im grossen Gehirn, hingegen ist das Rückenmark der Sitz einiger *einfachen* Reflexbewegungen, die zu den angeborenen gehören. Es vermittelt nämlich die Zusammenziehungen der Sphincteren des Mastdarmes und der Blase, und es steht mit dieser Behauptung begreiflich nicht im Widerspruch, dass nach manchen hoch oben gelegenen Verletzungen des Markes unwillkührlicher Abgang der Excremente beobachtet wurde. Ueber das Nähere, und über die bisherige Annahme eines durch das Rückenmark vermittelten Tonus dieser Sphincteren, werden wir uns bei dem Nervenfluss auf den Darm aussprechen. Dort wird auch gezeigt werden, dass die Darmbewegung — so weit sie nämlich in der That reflectorisch ist — vom Rückenmarke abhängt.

Einzelne Beobachter sprechen auch von Fällen, wo nach Unterbrechung der Continuität des oberen Rückenmarkes die Geschlechtsfunctionen noch vollständig und mit Erfolg ausgeübt wurden (Vergl. hierüber *Brachet*, Syst. ganglionnaire Par. 1837 pag. 299). Ist dies richtig, so hängen auch die hierbei in Betracht kommenden Reflexe vom Rückenmarke ab.

Wenn ich hier von *angeborenen* Reflexen rede, so soll damit nur ausgedrückt werden, dass *dieselbe Art* der Verbindung (ihre Natur ist uns völlig unbekannt), welche in uns als Folge von Erfahrungen erst zwischen vielen Sinneseindrücken und Bewegungsnerven *hergestellt* wird, von der Natur schon *im Voraus* zwischen manchen Erregungsarten und den entsprechenden Bewegungen in den Centralorganen ausgebildet wurde. Es ist hiermit also nur ein *genetischer* Unterschied ausgesprochen. Der Natur und den Aeusserungen des Reflexes nach, sind wir aber nicht berechtigt, einen Unterschied anzunehmen zwischen der angeborenen Combination, die ein Kind zum Saugen nöthigt, wenn ein fremder Körper seine Zunge berührt, und der erst später *erworbenen*, die uns die Augen zu schliessen gebietet, wenn wir einen Gegenstand ihnen schnell nahen sehen. (Das neugeborene Kind schliesst erst die Augen, wenn ihre Hüllen unmittelbar berührt werden.) Auch der „Instinct“, der die Kunsttriebe der Thiere erzeugt, unterscheidet sich nur *genetisch* und nicht seiner *Art* nach von den erworbenen Reflexen, die den menschlichen Künstler zum Schaffen bestimmen.

Krankhaft erhöhte Reflexthätigkeit liegt sehr vielen pathologischen Erscheinungen zu Grunde. Dieselbe kann auch im Rückenmarke ihren Sitz haben, und entweder *allgemein* verbreitet oder auf *bestimmte* Provinzen beschränkt sein. Im letzteren Falle erregt sie locale Krämpfe oder Muskelcontractionen, die oft von entfernten Reizen abhängen. Im ersteren Falle wiederholt sie unter dem Namen der Epilepsie, der Convulsionen, des Tetanus, die Erscheinungen, die wir auch physiologisch als schwächere und kräftigere Wirkung mancher Gifte kennen, welche die Reflexthätigkeit steigern.

Krankhafte Steigerung der Reflexempfindung liegt höchst wahrscheinlich den Zuständen zu Grunde, die man als Hysterie, Hypochondrie bezeichnet. Bei Leiden eines Körpertheiles, der oft (und meistens) zu den weniger empfindlichen gehört, zeigen sich hier wandelbare, ihren Sitz und ihre Intensität schnell wechselnde Schmerzen, in den verschiedensten vom Sitze der Gewebsveränderung oft sehr enfernten Organen. Es scheint, dass nur solche Theile, welche Nerven von beiden Körperseiten erhalten (durch die Eingeweidgeflechte) Reflexempfindungen in beiden seitlichen Markhälften gleichzeitig oder abwechselnd hervorrufen können.

Zeitverlauf der reflectorischen Leitung. Schon früher hat man oft die Bemerkung gemacht, dass die Zeit, welche zwischen irgend einer sensibeln Reizung und dem Beginne der entsprechenden Reflexbewegung verstreicht, *bedeutend* beträchtlicher ist, als diejenige, welche zur Fortleitung eines Bewegungsantriebes vom Nervencentrum nach der Peripherie erfordert wird. *Helmholtz* hat sich in neuerer Zeit (Schriften der Berliner Akad. 1854) die Mühe genommen, den hier auftretenden Zeitunterschied zu messen, und fand in einer Reihe von Versuchen, dass die Reflexbewegung vom Momente der Erregung an 11 bis 14 mal so viel Zeit in Anspruch nehme als die directe Nervenleitung.

Diese Thatsachen unterstützen die Ansicht, dass die Reflexbewegungen eine bei weitem complicirtere Bahn zu durchsetzen haben, als die einfachen Reizbewegungen, und sind völlig unvereinbar mit der auch aus anderen Gründen ganz unhaltbaren Meinung einiger Schriftsteller, dass das Wesen der reflectorischen

Uebertragung nur auf einer „Querleitung" zwischen den Nervenbahnen im Inneren des Rückenmarkes beruhe.

Man hat übrigens manchmal die Zeit, während welcher die Reflexbewegung gleichsam *latent* bleibt, viel zu hoch angeschlagen, wenn man nach *Kürschner*'s Vorgang den so wirksamen *Druck* als Reizmittel anwendete. Man übersah nämlich, dass der Druck auch bei seinem plötzlichen Aufhören erregend wirkt, und dies in solchen Versuchen um so mehr, als man ihn hier, stets die Reflexbewegung erwartend, nur sehr langsam verstärkte, und dann *mit einem Male* aufhob. Die Aufhebung musste hier, wegen der steileren Abgleichung, viel reizender wirken, als der Druck selbst, und so gehen dann erst von ihr die Reflexbewegungen aus, die man noch als Folge des früheren Druckes ansah. Eine angeblich „neue" charakteristische Eigenthümlichkeit der Reflexbewegungen, die so eben in mehreren Blättern besprochen wird, ist nichts als eine Wiederholung des eben gerügten, schon öfter begangenen Irrthums. Uebt man sich, den Druck beim Entstehen nur gleich *schnell genug* wachsen zu lassen, so kann man Schliessungsreflex und Oeffnungsreflex, wie ich oft gesehen, gesondert zum Vorschein bringen.

Die Zeit, welche das Zustandekommen der Reflexbewegungen erfordert, ist um so länger, je mehr man durch quere Einschnitte in das Rückenmark die Dicke der grauen Substanz an einer der Stellen vermindert, welche zwischen dem gereizten und dem zu bewegenden Punkte liegen, Die das beweisenden Versuche habe ich an Fröschen angestellt, deren Rückenmark natürlich nicht durch Gifte in einen allzuerregbaren Zustand versetzt werden durfte, weil sonst die Unterschiede fast verschwinden.

Es ist hier von keiner ganz genauen Proportionalität der Zeitdauer und der Grösse der Verletzung die Rede. Es schien mir nach meinen Beobachtungen, dass mit einem immer mehr fortschreitenden Wachsen der letzteren, der Zuwachs der Zeitdauer immer etwas abnimmt. Die Verwundung war bis jetzt in allen Versuchen nur an *einer* Stelle der Rückenmarkslänge angebracht, und es fragt sich, wie sich die Sache gestaltet, wenn zwei ganz gleiche Einschnitte in *verschiedener Höhe* in die graue Substanz gemacht werden.

B. Leitung im Rückenmarke.

Die Aufgabe, welche uns hier gestellt ist, besteht darin, zu erforschen, durch welche anatomisch zu unterscheidende Theile des Markes die *Empfindung* und durch welche die *Bewegungsantriebe* fortgeleitet werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe hat man sich seither zweier verschiedener Methoden bedient. Die erste beschränkte sich darauf, die verschiedenen Stränge und Substanzen des Rückenmarkes zu *reizen* und zu beobachten, welche Theile durch Reizung Schmerz und welche Bewegung erregten. Nur die empfindenden Stränge, glaubte man, könnten der Leitung der Empfindungen dienen, und man setzte dasselbe für die motorischen in Betreff der Bewegung voraus. Man hielt es für überflüssig, erst noch Beweise für diese sich scheinbar von selbst ergebende Annahme zu fordern, die aber, wie wir sehen werden, durchaus nicht richtig ist.

Eine andere Methode besteht darin, gewisse Theile des Rückenmarkes abzutragen oder zu durchschneiden, um dann durch Beobachtung des Thieres auf die Function sowohl der verletzten als der geschonten Theile zu schliessen. Diese Methode ist an und für sich viel vorzüglicher als die erste, weil sie keine unerwiesene Hypothese voraussetzt, es stehen aber ihrer Anwendung eine Reihe von Schwierigkeiten entgegen, welche viele Forscher früher bewogen haben auf sie zu verzichten.

a) *Longet* und einige Andere glaubten, dass die Blosslegung der Rückenmarkshäute und gar die Spaltung derselben, welche der Verletzung des Markes selbst vorhergehen muss, die Thiere schon in einen solchen Zustand von Schwäche versetzen, dass sie fast gelähmt und gegen ziemlich starke sensible Eindrücke fast indifferent würden, so dass vollends nach einem Schnitte in die Substanz des Rückenmarkes an eine Beobachtung ihrer Bewegungen und ihrer Empfindungen gar nicht mehr zu denken sei. *Longet* stand daher auch bei höheren Thieren von dieser Methode völlig ab. Abgesehen davon, dass schon frühere Untersuchungen von *Van Deen* und *Stilling* bei Fröschen gelehrt hatten, dass diese Thiere die Blosslegung des *gesammten* Centralnervensystems sehr gut ertragen und darauf sogar noch mehrere Tage munter umherspringen können, haben schon einige ältere Experimentatoren, wenigstens in einzelnen Fällen, auch Säugethiere nach Entblössung einzelner Partien des Rückenmarkes noch frei umherlaufen gesehen und die Empfindlichkeit vieler Körpertheile nicht geschwächt, sogar vermehrt, gefunden. Diese freilich damals nur vereinzelten Resultate forderten mich im Jahre 1849 auf, mit Hülfe des Aethers und einer vervollkommneten Operationsmethode, welche besonders eine möglichste Verringerung des Blutverlustes abzweckte, Versuche in grösserem Maassstabe an höheren Wirbelthieren zu wagen und ich fand, dass, der damals herrschenden Ansicht entgegen, nicht nur die Blosslegung der Rückenmarkshäute eine Zeit lang nach dem Erwachen des Thieres und nach seiner ziemlich raschen Erholung von der Operation ganz ohne sichtlichen Nachtheil ertragen wird, sondern dass selbst die Eröffnung dieser Häute, der Abfluss der Cerebralspinalflüssigkeit und der damals so sehr gefürchtete Einfluss der atmosphärischen Luft auf das entblösste Mark Bewegung und Empfindung vollkommen bestehen lässt, wenn nur die Operation selbst am anästhesirten Thiere mit gehöriger Schonung ausgeführt worden ist. Eine spätere Versuchsreihe von *Brown-Sequard*, welche derselbe in den französischen und englischen Zeitschriften von 1855 und 1856 veröffentlicht hat, bestätigt diese Resultate.

Das Wesentliche meiner Methode der Blosslegung des Rückenmarkes beruht darauf, dass ich, um die Blutung zu beschränken, möglichst rasch operire, möglichst wenige Schnitte mache, und mich nur äusserst selten eines Schwammes zur Aufsaugung des Blutes bediene, das ich in den verletzten Gefässen selbst gerinnen lasse. Zwei Schnitte längs eines Theiles der Wirbelsäule treffen bis auf den Knochen über dem Abgange des Querfortsatzes, die Weichtheile werden nicht weggeschnitten, weil dies unnützen Zeitaufwand erfordert und schädlichen Blutverlust verursacht. Zwischen zwei Wirbeln wird nun ein Stück der Decke des Spinalcanales weggenommen, und, sobald man eine hinreichend weite Oeffnung hat, eine zu diesem Zwecke eigens construirte, je nach den Thieren verschieden starke Knochenzange [1]) mit einer Branche in den Spinalcanal, die innere Wand des Knochens streifend, vorsichtig eingeführt, die andere Branche trifft den Knochen von aussen in der Tiefe des zuerst durch die Weichtheile gemachten Schnittes, und so wird die eine Hälfte des Wirbelbogens abgekneipt. Ebenso verfährt man mit der anderen Seitenhälfte. Schiebt man jetzt die Zange immer abwechselnd auf beiden Seiten vorwärts, so kann man die noch durch die Weichtheile mit einander verbundenen Bogen von 5, 6, 8 Wirbeln abtragen, und es wird so viel weniger Blut verloren, als wenn man den Knochen erst entblösst und dann mit den gewöhnlich gebräuchlichen Zangen von obenher in

---

[1]) Die besten Zangen dieser Art macht Herr Instrumentenmacher *Wermuth* zu *Signau* im Emmenthal.

kleinen Stücken wegnimmt, wo man nach jedem Schnitte sich erst durch Wegwischen des Blutes überzeugen muss, dass man wirklich durch die ganze Dicke des Knochens gedrungen, und wo für jeden Bogen eine grössere Zahl allmählich tiefer gehender Schnitte gemacht werden muss, wenn man sich der bei meinem Verfahren fast unmöglichen Gefahr nicht aussetzen will, das Mark selbst zu verletzen.

Wenn nach Abtragung der Wirbelbogen das Mark in seinen Häuten frei zu Tage liegt, wird zum ersten Male das Blut mit einem Schwamme vorsichtig und oberflächlich abgewischt. Dem noch immer im tiefsten Aetherrausche erhaltenen Thiere ertheilt man jetzt eine nach vorn oder hinten schief abstössige Lage, damit das nun ausfliessende Blut sich nicht auf dem Theile des Markes ansammle, an dem man operiren will. Nun wird mit einer spitzen starken Pincette[1]) die dura mater in die Höhe gehoben und, ebenso die Arachnoidea, mit einer Scheere der Länge nach aufgeschnitten. Beide Häute klappt man, nachdem man passende Querschnitte gemacht, nach der Seite um. Will man an den Hintersträngen operiren, so hat man jetzt noch die pia mater zu theilen. Dies geschieht zur Schonung von Blutgefässen und der Hinterstränge selbst nicht in der Mittellinie, sondern seitlich mit einem äusserst feinen unter dieselben geführten Messerchen[2]), dessen schmale Klinge mit ihrer Breite nicht senkrecht, sondern so schief aufgesetzt wird, dass sie gerade über dem Seitentheile des Rückenmarkes hingleitet, ohne ihn zu verletzen. Dann macht man oben und unten Seitenschnitte in die pia mater, die eine Entblössung der Hinterstränge gestatten. Die Gefässe sucht man am besten zu verschieben oder zu torquiren. Diese Spaltung der pia mater ist bei weitem der schwierigste Theil der Operation, und die geringste Bewegung des Thieres kann hier sehr schädlich werden.

Eine blosse *Durchschneidung* der hinteren Marktheile, ohne Abtragung, mach man am besten am Halse, indem man *zwischen* zwei Wirbeln, die man durch Beugung von einander entfernt, ohne Knochenverletzung eingeht.

b) Ein anderer Einwurf, den man gegen die Durchschneidungsmethode erhoben hat, ist der, dass es wegen der Ineinanderschiebung der Theile, wegen der Xförmigen Figur mit der die graue Substanz alle übrigen Partien umfasse, niemals möglich sei die hinteren oder die vorderen Stränge ganz isolirt entweder zu durchschneiden oder allein unverletzt übrig zu lassen. Man habe, wurde vielfach eingewendet, stets entweder nur die hintere oder nur die vordere Hälfte des Rückenmarkes durchschnitten und jede derselben umfasse ausser den Strängen, die man besonders im Auge hatte, noch einen Theil der grauen Substanz und der Seitenstränge. Selbst die am vorsichtigsten angestellten Versuche könnten bei der Durchschneidung eines Hinterstranges nicht eine Verletzung der grauen Substanz vermeiden und es sei vollends unmöglich einen weissen Strang ohne graue Substanz allein übrig zu lassen.

Diese Einwürfe sind allerdings für die Mehrzahl der früher angestellten Versuche vollkommen gültig und selbst eine grosse Zahl neuerer Experimente, welche man in den letzten Jahren in Frankreich angestellt hat, möchten von ihm nicht ganz frei zu sprechen sein. Ich habe aber schon in den Comptes rendus von 1854 die Methoden angegeben, durch welche ich mich gegen ähnliche Vorwürfe zu wahren und die einzelnen Stränge von der grauen Substanz zu sondern suchte. Ich werde derselben bei den einzelnen Versuchen erwähnen. Im Allgemeinen ist freilich fest zu halten, dass sich die Wirkung eines jeden Schnittes in den Centraltheilen stets etwas und manchmal bedeutend über die Gränzen der sichtbaren Verletzung hinaus auf die scheinbar unverletzten Nachbartheile erstreckt und dass diese so störende Nebenwirkung der Operation

---

[1]) von *Charrière*.

[2]) Am besten nimmt man das nadelförmige Augenmesserchen von *Lüer*.

im Anfange unmittelbar nach dem Eingriffe viel bedeutender ist und sich allmählich, oft sehr langsam, wieder etwas verliert. Es gehen hieraus zwei wichtige Regeln für die Versuche hervor. 1) Die Sensibilitäts- und Motilitätsäusserungen des Thieres sind nie *sogleich* nach vorgenommener Verletzung des Markes, sondern erst nach Verlauf mehrerer Stunden, ja, wenn es angeht, mehrerer Tage und Wochen zu untersuchen, wenn sich die Erscheinungen nicht mehr wesentlich verändern und die Rückkehr der Functionen ihren Höhepunkt erreicht hat. Eine allzu genaue und allzu oft wiederholte Prüfung am Anfange kann nur das Thier ermüden und seiner vollständigen Erholung schaden. Hingegen darf bei Verletzungen, z. B. der ganzen grauen Substanz, welche einen grossen Theil der Blutgefässe der übrig gelassenen Theile unwegsam machen, die Untersuchung auch *nicht zu spät* vorgenommen werden, weil sonst die Circulationsstörung die Function der noch vorhandenen Theile wieder zu verändern und zu hemmen im Stande ist. Eine gewisse Uebung, die nirgends nöthiger ist, als bei Versuchen am Rückenmarke, muss hier den rechten Zeitpunkt erkennen lassen.

2) Kommt es vorläufig nur im Allgemeinen darauf an, zu bestimmen, ob eine Abtheilung des Rückenmarkes Bewegung oder Empfindung leite, so ist es, da sich nun doch einmal die Einwirkung eines Schnittes nicht genau begränzen lässt, bei Theilen, welche unversehrt nicht ganz zu isoliren sind, eine von mir stets befolgte Regel, eher den zu untersuchenden Strang selbst etwas zu verletzen, als fremdartige Gewebe noch mit demselben in Verbindung zu lassen. Es wird dann nach der vollständigen Erholung des Thieres immer noch möglich sein, zu erkennen, ob Bewegungsantriebe oder Empfindung durch die Schnittstelle hindurch fortgepflanzt werden, und so die uns interessirende Frage zu beantworten, wenn auch die *Ausdehnung* der Nervenleitung in Bezug auf die verschiedenen Theile des Hinterkörpers etwas gelitten hat.

Ist aber auch die Isolation irgend eines Rückenmarkstheiles scheinbar noch so vollkommen gelungen, so werden wir, wie aus den bisherigen Bemerkungen klar genug hervorgeht, stets nur unsichere und trügerische Resultate erhalten, wenn wir aus dem, auch noch so constanten *Wegfalle* gewisser Lebensäusserungen auf die Function der durchschnittenen Theile schliessen wollen. Wie sehr häufig geht z. B. die willkührliche Bewegung der Hinterfüsse bei Kaninchen nach der Durchschneidung der Hinterstränge in der Bauchgegend verloren. Diese Art der Schlussfolgerung ist es eben, welche neben ungeeigneten Operationsmethoden den Grund zu so vielen Widersprüchen gelegt hat, welche über die Physiologie der einzelnen Theile des Rückenmarkes herrschen. Ich fragte bei meinen Untersuchungen nie, welche Functionen *fehlen* nach dieser oder jener Verletzung? sondern: welche Functionen sind noch deutlich *erhalten?* und die erhaltenen Thätigkeiten müssen nothwendig in der Leitungsfähigkeit der noch unverletzt übrig gelassenen Theile begründet sein.

Aber auch diese unverletzten Theile nach dem Tode scharf zu erkennen, ist nicht so leicht, wie man anfänglich denken sollte. Hier macht besonders die graue Substanz Schwierigkeiten. Wenn man, wie dies häufig geschehen ist, die Wunde ganz frisch untersuchen will, so kann der Schnitt bei der Herausschälung des Rückenmarkes aus seinen Häuten, tiefer einreissen. Dasselbe kann bei der Auseinanderbiegung der Schnittränder geschehen, und es ist schwer, im blutig gefärbten Grunde der Wundspalte kleine noch anhängende Brücken der roth unterlaufenen grauen Substanz von Coagulis zu unterscheiden. Direct berühren darf man die sehr weichen Theile ohnehin nicht. Auf diese Weise sind

sogar bei der Section mancherlei Fehlerquellen gegeben, an die viele Experimentatoren gar nicht einmal gedacht zu haben scheinen. Früher, wo ich nur bei höheren Thieren experimentirte, empfahl ich, vor der Untersuchung von Rückenmarksverletzungen das Markstück mit seinen Hüllen und seiner ganzen Umgebung, ja mit den Knochen, erst etwa 24 Stunden in Weingeist oder Sublimatlösung zu härten, und diese Methode scheint erst jetzt auch in Frankreich Eingang zu finden. Später aber (1855) lernte ich durch *Stilling* in einer sehr verdünnten Chromsäureauflösung ein Mittel kennen, welches nach längerer Einwirkung graue und weisse Substanz durch künstliche und verschiedene Färbung so scharf von einander abgränzt, dass ich es wagen durfte, die Rückenmarksversuche auch an Fröschen wieder aufzunehmen, welche die hier vorkommenden Verletzungen so leicht und so lange ertragen, von denen ich aber früher hauptsächlich desshalb abgestanden war, weil es hier, selbst nach Härtung im Weingeist, auch dem geübten und bewaffneten Auge nicht möglich ist, im Grunde der hyperämischen Schnittwunde kleine Partien grauer Substanz von der so dünnen Lage der weissen zu unterscheiden.

c) Ein dritter Einwurf, den man unserer Untersuchungsmethode gemacht hat, besteht darin, dass es bei verletzten Thieren sehr schwer sei, die Aeusserungen der wirklichen Empfindung und der willkührlichen Bewegung von reflectorischer Thätigkeit des Rückenmarkes in Folge des Reizes zu unterscheiden. Dieser Einwurf trifft aber die Reizungsmethode ebenso, wenn nicht in noch höherem Grade als die Durchschneidungsmethode. Die Frage, die wir uns stellen, ist, ob durch ein vorhandenes Fragment des Markes Empfindungseindrücke, die den *hinter* dem Schnitte gelegenen Körpertheil treffen, noch auf den *vorderen* übergeleitet werden können, und wir werden dies bejahen müssen, wenn eine sensible Reizung der Haut des Hinterkörpers *jedesmal* eine entsprechende Bewegungsreihe, Schreien, Fluchtversuche u. s. w. im Vorderkörper hervorruft. Wir schliessen auf die Leitung von Bewegungsantrieben, wenn Anregungen des Vorderkörpers Bewegungen des letzteren und des Hinterkörpers *gleichzeitig* hervorrufen und diese Bewegungen beider Körperabschnitte mit einander im Einklange stehen. Gegen den ersten Schluss in Betreff der Empfindung ist nur dann ein Einwand zu erheben, wenn die Reflexbewegungen bei manchen Thieren im hinteren Abschnitte so ausserordentlich heftig sind, dass sie den Vorderkörper mit erschüttern und so in ihm selbst einen Empfindungsreiz setzen können. Dies kann, nach dem was wir über die Reflexbewegung bereits erfahren, vorkommen bei Vögeln und vielen Amphibien. Der ersteren werden wir uns darum bei Versuchen über die Empfindung niemals bedienen, bei den anderen aber ist der Versuch, wie dies bereits von *Van Deen* und *Stilling* geschehen, stets dadurch zu controlliren, dass wir die Bewegungen des direct gereizten Hinterkörpers unterdrücken, entweder durch Trennung aller vorderen bewegenden Nervenwurzeln am Rückenmarke, oder da wo uns Vorversuche von der Zulässigkeit dieses Verfahrens in einzelnen Fällen überzeugt haben, einfach durch Festhalten des Hinterkörpers in der geschlossenen Hand, aus welcher nur die zu reizenden Fussenden hervorragen.

Untersuchungen über die Fortpflanzung der Bewegungsantriebe sind blos bei denjenigen Thieren möglich, bei welchen nach vollständiger Durchschneidung des Rückenmarkes in der Dorsalgegend das Hinschleifen des Hinterkörpers auf dem Boden keine hervortretenden Reflexbewegungen der Hinterfüsse erregt, die mit willkührlichen Bewegungen verwechselt werden können. Die eigentlichen Frösche und die nicht mehr zu jungen Säugethiere sind hier vor Allem zu wählen. Auch Vögel können noch in Betracht kommen, wo die Verletzung die Nerven beider Hinterfüsse gleichmässig betrifft. Die geschwänzten Batrachier, die Feuerkröten u. s. w. sind ganz zu verwerfen. Wenn es sich um Verletzungen nur

einer einzigen Hälfte des Rückenmarkes handelt, sind auch die Vögel zu scharfen Beobachtungen ganz unbrauchbar.

Auch in den verhältnissmässig sehr seltenen Fällen, wo der Verdacht auftreten könnte, dass ein Empfindungsreiz, der nicht direct zum Hirn verpflanzt würde, Bewegungen hervorgerufen, welche selbst erst *secundär* eine zum verlängerten Mark gelangende Empfindung veranlasst und auf diese Weise eine nicht wirklich bestehende sensible Leitung erheuchelt, kann einerseits die Durchschneidung der Bewegungswurzeln (*Van Deen*), andererseits eine genaue Beobachtung des Thieres als Controlle dienen. Diejenigen Bewegungen nämlich, welche die Leitung der Empfindung bis zu den Centren anzeigen (Schreien, Augenbewegung u.s.w.), beginnen bei wirklich schmerzhaften Eindrücken in der Regel eher als der Reflex auf die Muskeln des Rumpfes sich ausdehnt.

Die vorhergehenden Bemerkungen werden genügen, mich gegen den Verdacht zu schützen, eine sensible Leitung da angenommen zu haben, wo eine solche in dem Niveau der Rückenmarksverletzung nicht mehr möglich ist, und Erscheinungen als Wechselwirkung der Empfindung mit den Hirntheilen angesehen zu haben, die nur in einem Reflex *innerhalb des unteren* theilweise abgetrennten Rückenmarksstückes begründet sind. In neuerer Zeit hat man aber auch im Gegensatze zu der „bewussten“ Empfindung von sogenannten „Reflexen“ gesprochen, welche nach Hautreizen eintreten und Schreien, Bewegungen des Kopfes, kurz alle Zeichen der Empfindung zur Folge haben könnten. Veranlasst scheint eine solche Annahme durch die an sich richtige, und von mir vielfach in meinen 1844 vorgenommenen Hirnversuchen bestätigte Beobachtung von *Flourens*, dass eine starke sensible Reizung nach Entfernung des grossen und kleinen Gehirns und der Brücke sich noch auf das verlängerte Mark reflectiren und hier Schreien erregen kann. Man hat hieraus geschlossen, dass Schreien kein unzweideutiges Zeichen einer wirklich stattgehabten Empfindung sei. In die Sprache der concreten Physiologie übersetzt, heisst dies nichts anderes, als dass dieselben Reize, welche, wenn sie die Centra der Sinnesorgane erreichen, neben den Exspirationsmuskeln auch noch unangenehme Sinnesvorstellungen reflectorisch erregen, die Exspirationsmuskeln auch in Thätigkeit versetzen können, wenn die Leitung *jenseits* des Centrums der letzteren zu den Sinnesorganen unterbrochen ist. Darf man aber aus diesem sich von selbst verstehenden Factum folgern, dass die Leitung zum verlängerten Marke, zu den Stimmnerven ganz *anderer Natur* sei und auf ganz anderem *Wege* geschehe, als die Leitung zu den Sinnesorganen? Mir scheint das eben so wenig zulässig, als wenn man folgern wollte, der Reflex vom Schwanze nach den Vorderfüssen einer Eidechse sei ganz anderer Natur als der nach den Hinterfüssen, weil der letztere einen Querschnitt des Rückenmarkes in der Bauchgegend überlebt. So wenig ich im letzten Falle schliessen darf, dass vom Schwanze mehrere Arten von Empfindungsnerven ausgehen, von denen die einen nur auf den Schwanz selbst, die anderen auf die Hinterfüsse, und noch andere auf die Vorderfüsse reflectiren u. s. w., so wenig ich auf diese Weise die von jedem sensibeln Punkte ausgehenden Empfindungsnerven in's Unendliche vermehren darf, so wenig kann ich von der Haut besondere Empfindungsnerven annehmen, die zum Halsmarke oder zum verlängerten Marke gehen, und hier Schreien oder Kopfbewegung reflectiren, und *andere*, die zum Hirn gehen und dort Vorstellungen erregen[1]). Alles spricht dafür und keine einzige Thatsache oder Wahrscheinlichkeit dagegen, dass es dieselbe Nervencombination ist, welche, im Hinterkörper angeregt, in der Höhe der Armanschwellung Bewegung, im verlängerten Marke Veränderungen der Exspiration und, wenn keine Leitungshemmung künstlich gesetzt ist, im Hirn Vorstellung hervorruft, indem sie überall die entsprechenden Ganglienzellen in Thätigkeit versetzt. Der, meines Wissens, zuerst von *Schröder van der Kolk* (Over het fijnere Zamenstel van het Ruggenmerg, 1854, pag. 88) gegen meine Versuche ausgesprochene Verdacht, den *Chauveau* dann gegen ähnliche später

---

[1]) Richtig ist aber, dass Schreien und andere Bewegungen nach Reizen nicht ein bestimmtes Maass für die *Grösse* der Empfindung geben. Vergl. unten über Hyperästhesie.

bekannt gewordene Experimente wiederholt hat, als habe ich hier, durch das Schreien der Thiere verführt, Reflexbewegung für wirkliche Empfindung genommen, hätte meiner Ansicht nach nur dann eine Bedeutung, wenn der Schnitt, dessen Einfluss zu untersuchen ist, zwischen Hirn und verlängertem Marke, nicht aber, wie in meinen Versuchen, zwischen letzterem und der Reizungsstelle gelegen wäre. Uebrigens beweisen auch pathologische Beobachtungen am Menschen, dass die im Rückenmarke auf die Bewegungen und im Hirn auf die Sinnesorgane reflectirenden Nervenfasern anatomisch nicht zu sondern sind. Was ich also nach dem hier dargelegten Standpunkte zu beweisen habe, ist, dass eine bestimmte absichtlich angebrachte Verletzung des Rückenmarkes in einem Falle die Fortpflanzung der Empfindung, im anderen die Uebertragung der Bewegung über die Schnittstellen hinaus nicht beeinträchtige, ohne in weitere von den physiologischen Thatsachen nicht geforderte Unterscheidungen einzugehen. *Chauveau*'s Ansichten kann hingegen, wie ich bereits lange vor seinen Arbeiten anerkannt habe, eine gewisse Berechtigung zukommen, wo es sich nicht um die Existenz, sondern um die quantitative Schätzung scheinbar erhöhter Empfindungsthätigkeit handelt.

Die Versuche über die Functionen der Rückenmarksstränge begannen schon zur Zeit als *Magendie* zuerst die Verschiedenheit der beiden Reihen der Nervenwurzeln bewiesen hatte, wie bereits *Bell*'s Vermuthungen von entsprechenden Hypothesen über die Anordnung der Elemente im Rückenmarke begleitet waren. Es war sehr natürlich, dass man damals die Ansicht aufstellte, dass die hinteren Stränge des Rückenmarkes, entsprechend den hinteren Wurzeln, der Leitung des Gefühles, die Vorderstränge als angebliche Vereinigung der vorderen Wurzeln der Leitung der Bewegung dienten. Allein es wollte nie recht glücken, diese Annahmen, wie man sie damals auffasste, durch den Versuch zu beweisen. *Fodéra*, der bald nach *Magendie*'s Entdeckung eine Reihe von Experimenten über das Rückenmark anstellte, kam im Einzelnen zu sehr interessanten Resultaten, die wir bald näher beurtheilen werden, aber im Allgemeinen wagte er es kaum, aus seinen Versuchen einen Schluss zu ziehen, weil sie mit den theoretischen Voraussetzungen, die er aus *Magendie*'s Lehre geschöpft und die er noch immer festhalten zu müssen glaubte, sehr wenig harmonirten. Aehnlich wie *Fodéra* erging es etwas später *Calmeil*. Die Versuche dieser Forscher zeigten schon, dass Gefühl und Bewegung nicht ausschliesslich an gewisse weisse Stränge des Markes gebunden seien, wie sie selbst und wie die meisten Anderen es damals annahmen. Es *schien* selbst aus diesen Versuchen hervorzugehen, dass die sensibeln Fasern einer Körperhälfte sich grossen Theils durch die Markhälfte der anderen Seite zum Kopfe begeben. Aber, wie leider so häufig in der Wissenschaft, man misstraute lieber den Thatsachen, als einer Theorie, die ohne alle experimentelle Berechtigung, sogar im Widerspruch mit auffallenden pathologischen Beobachtungen, aus den anatomischen Daten unzweifelhaft hervorzugehen schien. Diese Theorie wurde endlich scheinbar in den Rang eines erwiesenen Factums erhoben, als *Longet*, die Methode der Durchschneidung wegen ihrer grossen Schwierigkeiten ganz verwerfend, und nur auf das Ergebniss der Reizung fussend, durch leicht zu wiederholende, an und für sich vollkommen richtige und stets von denselben Resultaten begleitete Versuche, die *Bell*'sche Lehre auch für die Stränge des Rückenmarkes gegen allen Zweifel sicher gestellt zu haben glaubte. *Longet*'s Versuche hat wohl jeder Physiolog bestätigt, was aber ihrer Beweiskraft schadet, ist eben die Unrichtigkeit der Hypothese, die, wie wir oben erwähnt, allen Reizversuchen am Rückenmarke zu Grunde liegt.

Van Deen und sein Kritiker *Stilling* hatten unterdessen in Deutschland, wo bereits *Schöps* eine Anzahl sehr bemerkenswerther Resultate erlangt hatte, welche man damals nicht zu verfolgen wagte, ausgedehnte Reihen von Untersuchungen über das Rückenmark veröffentlicht, denen vor allen das Verdienst zukommt, auf die Wichtigkeit der grauen Substanz hingewiesen zu haben, welche bisher von den Experimentatoren, die sich stets von theoretischen Vorurtheilen beherrschen liessen, gar nicht beachtet worden war. Wenn auch die letztgenannten Forscher noch nach einer in äusserlichen Unterschieden der Localität und der Form sich aussprechenden „anatomischen" Trennung der bewegungs- und empfindungsvermittelnden Elemente des Rückenmarkes *suchten*, wenn die, in Hinsicht der Ope-

ration, der Beobachtung und der Section, so schwierige Handhabung ihres *fast ausschliesslichen* Objectes, des Frosches, ihnen eine solche Trennung gefunden zu haben wirklich vorspiegeln konnte, wenn theilweise die Zugeständnisse, welche sie der Reizungsmethode als Controlle des Durchschneidungsverfahrens machten, ihren Resultaten nachtheilig war, so waren doch die Ergebnisse ihrer Forschung, die sie zum ersten Male den Muth hatten mit steter Rücksicht auf die von ihnen ermittelten Thatsachen auszusprechen, ohne sich durch theoretische Zweifel einschüchtern zu lassen, sehr verschieden von dem, was man nach den damals herrschenden Ansichten erwartet hatte. Während *Van Deen*'s und *Stilling*'s Erfolge in viel grösserer Uebereinstimmung mit einander stehen, als es nach der subjectiven Darstellung dieser Forscher den Anschein hat, wurde durch ersteren die Ansicht von einer functionellen Trennung der vorderen und hinteren Markhälfte, durch letzteren die angenommene scharfe Scheidung einer rechten und linken Hälfte des Rückenmarkes mächtig erschüttert. Es fehlte nur noch, dass diese Forscher ihre Versuche auf Säugethiere ausgedehnt hätten, um durch die uns viel verständlichere Sprache der letzteren manche Ergebnisse zu berichtigen und auszuführen, um an dem grösseren Marke derselben manche Eingriffe schärfer zu umschreiben und durch die Section bestimmter zu controlliren, als dies bei Fröschen möglich war, und die Physiologie des Rückenmarkes hätte in Deutschland aufgehört, im Dunkel unbewiesener Voraussetzungen herumzutappen.

Diese allein erspriessliche Richtung des deutschen Forschens wurde aber bald durch den Einfluss gehemmt, welchen sich ein berüchtigter Artikel über „Nervenphysiologie“ unbegreiflicher Weise verschaffen konnte, der, wie ein sehr grosser Theil des Werkes, welchem er sich anschliesst, die damals in anderen Gebieten sich erhebende Fahne der Romantik auch in der Physiologie aufzupflanzen versuchte. Mit einer trüglichen, auf den ersten Anschein sehr treffenden Kritik, wurden alle besseren Ergebnisse beseitigt, denen die experimentelle Unerfahrenheit des Verfassers nichts Anderes entgegen zu setzen wusste, als dasjenige, was sich bereits im Auslande durch die *Longet*'schen Reizversuche eine breite Bahn gebrochen, die auch dieser Lehre bereits in Deutschland fast überall einen empfänglichen Boden vorbereitet hatte.

Die Unsicherheit der Froschversuche war — viel mehr noch als sie es verdiente — hervorgehoben worden; man hatte mit ihnen gebrochen. Aber die Physiologie des Rückenmarkes war eine tabula rasa — und sie wäre es vielleicht noch lange geblieben, wenn nicht bald die wohlthätige Entdeckung der Aetherisation dazu aufgefordert hätte, den *Van Deen-Stilling*'schen Weg endlich an den geeigneten Säugethieren weiter zu verfolgen.

Eigenbrodt machte zuerst den Versuch, dieser Aufforderung zu genügen, und es gelang ihm, einige Ergebnisse *Van Deen*'s für die Säugethiere mit mehr oder weniger Sicherheit zu bestätigen. *Brown-Sequard*'s publizistisches Talent überraschte (1849) durch die Wiederholung und Vulgarisirung des wichtigsten der *Fodéra*'schen Resultate, welches er als Kreuzung der Empfindungsnerven im Marke — wir werden sehen, mit welchem Rechte — damals aussprach, und auf bestimmtere Bedingungen zurückführte.

Während dem unternahm ich in Frankfurt seit 1849 eine grosse und ausgedehnte Reihe von Untersuchungen an Hunden, Katzen, Kaninchen u. s. w., um endlich die wichtigsten Zweifel zu beseitigen und einige Fundamentalpunkte der Physiologie des Rückenmarkes sicher zu stellen. Der Hauptgewinn, der gleich anfangs hervortrat, war die gänzliche Beseitigung des Reizungsverfahrens durch die Entdeckung der ästhesodischen und kinesodischen Substanz. Stets bemüht, die Methode der Operation, und was mir das schwierigste schien, die Verificirung des Leichenbefundes immer mehr und mehr auszubilden, die Deutung der Symptome vor leicht sich einschleichender Willkühr zu wahren, konnte ich erst im Jahre 1853, nachdem ich mehrere hundert Versuche theils allein, theils in Gegenwart urtheilsfähiger Gelehrten angestellt, meine Resultate in kurzem Auszuge an die Berner naturforschende Gesellschaft zur Veröffentlichung gelangen lassen, und ein Jahr darauf theilte ich der französischen Akademie meine Lehre von der Leitung der Empfindungen nebst einem gedrängten Abrisse der angewendeten Operationsmethoden mit und hatte das Vergnügen, meine dort

wiederholten Versuche von der ernannten Commission, den Herren *Magendie*, *Flourens* und *Serres* bestätigt und als völlig neu anerkannt zu sehen.

Unterdessen war es *Brown-Sequard* gelungen, die durch die mikroskopische Anatomie bereits ermittelte Thatsache, dass die hinteren Wurzeln bei ihrem Eintritte in die Hinterstränge sich strahlenförmig sowohl in der Richtung nach vorn wie auch nach *hinten* aus einander begeben, auf physiologischem Wege zu bestätigen. Die paradoxe Thatsache, dass hier ein Theil der Empfindungsnerven nicht sogleich gegen das Hirn, sondern zuerst in entgegen gesetzter Richtung verläuft, wurde für ihn, wie er (Notice sur ses travaux, 1855, pag. 4) erzählt, zum Ausgangspunkte neuer Untersuchungen über das Rückenmark, die er, wie es *scheint*, ohne vorherige Kenntniss meiner Arbeiten, im Jahre 1855 an verschiedenen Stellen veröffentlichte. Das eben erwähnte Rückwärtsstrahlen einiger Empfindungsfasern abgerechnet, sind freilich *Brown-Sequard*'s dermalige Entdeckungen wesentlich (auf einige Abweichungen werden wir später zurückkommen) nichts anderes als eine Bestätigung der Thatsachen, welche schon in den Comptes rendus von 1854 und in den Berner Schriften von 1853 von mir niedergelegt worden, und welche ich schon seit 1850 gekannt und gelehrt hatte. Die Form aber, in der *Brown* diese Resultate vortrug, seine wiederholten Veröffentlichungen in den verschiedensten Blättern verfehlten nicht die allgemeine Aufmerksamkeit einer Lehre zuzuwenden, welche so ganz mit allen damals herrschenden Vorstellungen im Widerspruche stand. Die Versuche, die ich seit 1850 vor vielen Gelehrten in Deutschland, die Versuche, die ich vier Jahre später vor der Commission der französischen Akademie, die Versuche, die darauf *Brown-Sequard* zuerst in Amerika und dann zu wiederholten Malen in Frankreich angestellt, mussten allmählich allen Zweifel an der Richtigkeit der neuen Thatsachen zurückdrängen, aber nach *Brown-Sequard*'s ausführlichen Veröffentlichungen, welche mit einer scheinbar erschöpfenden historischen Kritik die Nothwendigkeit einer Verwerfung fast aller auf frühere Versuche gestützten Lehrsätze predigten, traten, selbst unter den positiven Franzosen, noch viel gefährlichere Zweifel auf, die im Auslande hie und da lauten Wiederhall fanden.

Die alte Lehre, der wir bis jetzt anhingen — sagte man — gründete sich auf den Ausspruch der Experimente. Versuche, für deren Richtigkeit die Namen grosser Forscher eine genügende Bürgschaft sind, von deren Exactheit und Beständigkeit wir uns selbst mehrfach überzeugt haben, stützen die scheinbar so einfache Anwendung des *Bell*'schen Theorems auf die Rückenmarkstränge. Nun werden uns mit einem Male eine Reihe der paradoxesten, mit den früheren in unvereinbarem Widerspruche stehenden Lehrsätze vorgetragen, und auch sie stützen sich auf Experimente, auch sie berufen sich auf Versuche an lebenden Thieren. Ist es unter diesen Verhältnissen nicht erlaubt, die experimentelle Methode selbst einer Zweideutigkeit zu beschuldigen, und ihren Werth für die alleinige endgültige Entscheidung der hier in Betracht kommenden Fragen in Zweifel zu ziehen?

Man sieht, dass vom Standpunkte der Mehrzahl der Aerzte und selbst vieler sogenannten Physiologen, die sich ihnen mit einer gewissen verhüllten Schadenfreude anschlossen, diesen Zweifeln an der einzig positiven Methode der physiologischen Forschung scheinbar eine gewisse Berechtigung zukam. Wenn wirklich fast alle früheren Experimentatoren *nur das* gesehen, was sie in ihre Conclusionen aufgenommen, woher kommt es, dass plötzlich dieselben Versuche so ganz andere Resultate geben? Die Beantwortung dieser Frage ist es, welche mich im Interesse der experimentellen Forschungsmethode nöthigt, hier mehr als es sonst im Plane dieses Lehrbuches liegt, auf das historische Gebiet einzugehen. Selbst den Anfängern gegenüber, glaube ich mich verpflichtet zu zeigen, dass *alle* mit gehöriger Umsicht angestellten Versuche, aus denen man die ältere Lehre folgern zu müssen glaubte, als sich stets bestätigende *Thatsachen* immer volle Berechtigung geniessen, dass aber die *Deutung* dieser richtigen Thatsachen durch Einmischung vorgefasster Ansichten früher verfehlt war. Ich werde ferner nachweisen, dass auch ein grosser Theil der von uns hervorgehobenen mit der früheren Lehre so sehr in Widerspruch stehenden Thatsachen den *unmittelbaren* Resultaten mancher früheren glücklich ausgeführten Versuche nicht so entgegen gesetzt sind, wie es nach den Berichten der Compilatoren und den angeblichen

Folgerungen der betreffenden Forscher selbst den Anschein hat; dass *dieselbe* Verletzung, so oft sie Absicht oder glücklicher Zufall mit gehöriger Schärfe herbeiführte, auch stets von *denselben* Symtomen begleitet war, welche gute Beobachter des Detail oft mühsam genug im Interesse ihrer vorgefassten Meinungen zu bemänteln und zu verdecken bestrebt waren. Was wir für *unsere* Zeit in Anspruch nehmen, ist die Verbesserung der Versuchsmethode, durch welche es möglich war, manche, früher gleichsam *störend* sich eingeschlichenen Erscheinungen auf ihre einfacheren Bedingungen zurückzuführen und sie als eine beständige, nothwendige Folge derselben willkührlich hervorzurufen, ist nur der Muth der Objectivität, durch den wir unseren Resultaten, ohne Rücksicht auf jede scheinbar noch so gut begründete Theorie, einen freien rückhaltlosen Ausdruck verliehen.

Wenn nach dem Vorhergehenden unsere historischen Excurse noch einer weiteren Entschuldigung bedürfen, so möge die Bemerkung hinzugefügt sein, dass wir durch dieselben einer mehrfach wiederholten Aufforderung vieler sachverständiger Fachgenossen genügen, und wir bedauern nur, dies hier nicht mit derjenigen Ausführlichkeit thun zu können, welche der historischen Kritik erst den genügenden Halt gibt.

1) *Leitung der Empfindung im Rückenmarke.*

Die hier sowohl als im folgenden Paragraphen mitzutheilenden Ergebnisse beziehen sich, wie ich hier ein für alle Male ausdrücklich bemerke, nur auf den Lenden-, den Rücken- und den *unteren* Theil des Halsabschnittes des Rückenmarkes. Von der Ursprungsstelle der höheren Halsnerven an nach oben gehen in der Anordnung und der physiologischen Bedeutung der Stränge immer beträchtlichere und allmählich zunehmende Veränderungen vor sich, die in ihrem anatomischen Ausdrucke bereits von *Stilling* (in seiner Schrift über die Medulla oblongata) angedeutet, auch für uns eine besondere Betrachtung nöthig machen.

a) Die *Hinterstränge* sind die *einzigen* empfindlichen Theile des Rückenmarkes.

Dieses Resultat wurde zuerst von *Longet* nach seinen Untersuchungen scharf ausgesprochen. Früher hatte man nur die vorwiegende oder ausschliessliche Empfindlichkeit der hinteren *Hälfte* des Markes anerkannt. Aber auch nach *Longet* glaubten einige Forscher dem hinteren Theile der grauen Substanz oder wenigstens ihren Hinterhörnern die Empfindlichkeit nicht absprechen zu dürfen. Zu den letzteren gehört z. B. *Eigenbrodt*. *Stilling* ging sogar so weit, einzig die hintere graue Substanz als den Sitz der Sensibilität im Rückenmarke anzusehen und die bei Versuchen oft hervortretende Empfindlichkeit der Hinterstränge von einer gleichzeitigen Reizung der hinteren Nervenwurzeln abzuleiten. In meinen eigenen Versuchen habe ich, nachdem ich die Unzulänglichkeit der galvanischen Erregung zur *vollständigen* Beweisführung erkannt, mechanische Reize angewendet, und *Longet*'s Ausspruch hierdurch vollkommen bekräftigen können.

Gegen den Verdacht, als hätte ich die letzten feinen Enden der *anhängenden* Wurzeln gereizt, wahrte mich schon die Thatsache, dass die Hinterstränge sich auch empfindlich zeigen, wenn man sie von *unten* her, oder in ihrer *Dicke*, oder nach partieller Längstheilung des Markes von ihrer *inneren* Seite her angreift.

Eine andere Frage ist aber, ob die Empfindlichkeit der Hinterstränge nicht den auf dem Wege zur grauen Substanz dieselben *durchsetzenden* und in verschiedener Richtung aus einander strahlenden *Fortsetzungen der*

Nervenwurzeln angehöre; und nicht den der *Länge nach* verlaufenden *eigenen* Fasern der Hinterstränge. In der That hat es sich gezeigt, dass diese letzteren, die, der Axe des Rückenmarkes parallel laufend, den eigentlichen Grundstock der Hinterstränge bilden, wenigstens am Halse, der Schmerzempfindlichkeit *entbehren*. Am Dorsal- und Lendenmarke treten die Nervenwurzeln so schief ein, und stehen so nahe zusammen, dass man überall, wo man hier die Hinterstränge reizt, Schmerz erregt, aber am unteren Theile des Halsmarkes treten die Nervenwurzeln weit von einander und fast rechtwinkelig ein. Hier gelingt es nun oft, die Hinterstränge am lebenden wachenden Kaninchen zwischen zwei Nervenwurzeln quer zu durchschneiden, ohne irgend Zeichen von Schmerz zu erregen. *Van Deen* theilt mir mit, dass ihm manchmal dasselbe an Fröschen, selbst an mit Strychnin vergifteten, gelungen sei. Man vergleiche hiermit unsere späteren Angaben über die *Leitung* in den Hintersträngen.

Auch **Brown-Sequard** gibt zu, es sei **möglich**, dass die eigene Substanz der Hinterstränge ganz unempfindlich sei, übrigens spricht sich derselbe noch 1855, zwei Jahre nach der Veröffentlichung meiner Versuche, ziemlich unentschieden über den Sitz der Empfindlichkeit im Rückenmarke aus und findet es wahrscheinlich, dass 'die hinteren (empfindlichen) Wurzeln sich gerade wie zu den Hintersträngen auch zu den grauen Hörnern und dem hinteren Theile der Seitenstränge verhalten (Gaz. med. 1855, Nr. 42, pag. 659 & 660). Wir werden noch in der Folge sehen, dass diese Ansicht nicht richtig ist. Nur zu erwähnen ist, dass einzelne frühere Forscher dem ganzen Marke Empfindlichkeit zuschrieben.

Die Empfindlichkeit der Hinterstränge schien mir immer weniger ausgesprochen als die der hinteren Nervenwurzeln.

b) Trotzdem dass die Hinterstränge die einzigen sensibeln Theile des Markes sind, hebt ihre *vollständige* Durchschneidung oder ihre Resection die Leitung der Empfindungen durch die verwundete Stelle des Rückenmarkes keineswegs auf.

Das Gegentheil des eben ausgesprochenen Satzes wird von den Anhängern der ausschliesslichen Reizversuche angenommen. Aber bereits **Fodéra** (Magend. Journ. III, pag. 197) und nach ihm mehrere andere Forscher hatten beobachtet, dass Thiere noch sehr gut selbst leichtere Eindrücke auf dem Hintertheile des Körpers empfinden, und auf unzweideutige Weise mit dem Vordertheile beantworten, wenn man ihnen die Hinterstränge am Rücken oder am Halse ganz durchschnitten hat. **Stilling** und **Van Deen** sahen dasselbe bei Fröschen und ich selbst bei Säugethieren[1]), wenn auch ein längeres Stück der Hinterstränge entfernt worden war. Die Hinterstränge **ganz** zu durchschneiden und keinen Theil derselben unverletzt zu lassen, bietet hier um so weniger Schwierigkeit, als es gleichgültig ist, wenn man die nächsten Nachbartheile mit verwundet oder trennt. Auch eine genaue Würdigung der **pathologischen** Thatsachen, weit entfernt die herkömmliche Ansicht zu stützen, liefert vielmehr die unzweideutigsten Belege für das eben ausgesprochene **constante** Ergebniss der Versuche.

c) Aber noch ein viel merkwürdigeres und unerwartetes Resultat haben diese Experimente geliefert.

Ein unverletztes Kaninchen muss am Hinterfusse oder an der Bauchhaut schon ziemlich stark gekneipt werden, bis es seine lästige Empfindung nur einigermaassen deutlich verräth. Zerquetschen der Haut, tiefe Einschnitte in dieselbe bewirken noch nicht einmal Schreien und keine

---

[1]) Vergleiche über einige hierher gehörige Versuche an Säugethieren auch **Stilling** im ersten Bande von **Roser und Wunderlich**'s Archiv, der mir gerade nicht zur Hand ist.

anhaltenden Fluchtversuche. Das Thier tritt bei solchen intensiven Reizungen höchstens einige Male mit dem Fusse aus und macht einzelne wenige Sätze. Um Schreien zu bewirken, muss man in der Regel den entblössten Nervenstamm misshandeln. Der Schwanz der Kaninchen ist zwar viel empfindlicher, aber ein sehr *heftiger* Druck auf denselben bewirkt gewöhnlich nur die Flucht des Thieres.

Hat man das Rückenmark vollkommen bloss gelegt und darauf das Thier aus dem Aetherrausche wieder erwachen lassen, so ist die Empfindlichkeit des Thieres keineswegs gesteigert, eher noch kann sie in vielen Fällen herabgesetzt erscheinen, durch die unmittelbare schwächende Wirkung der Operation.

Hat man aber auf schonende Weise die hinteren Stränge des Rückenmarkes durchschnitten und lässt man dem Thiere vollkommen Zeit sich zu erholen, so findet man, dass bald ein sehr geringer Druck auf die hinter der Wunde gelegenen Theile, der so schwach ist, dass er früher kaum Reaction hervorrief, nun sehr heftige Bewegungen des *ganzen* Thieres und intensive Fluchtversuche bewirkt. Wartet man noch länger, etwa eine oder zwei Stunden, so steigern sich diese Erscheinungen ausserordentlich. Die Kaninchen schreien heftig und anhaltend, so wie man nur ihre Ferse oder eine Fusszehe mässig zwischen den Fingern drückt, und dieser Zustand kann sich, wenn das Thier überlebt, mehrere Tage erhalten. Dann bemerkt man, dass die Zeichen übermässig gesteigerter Empfindlichkeit wieder abnehmen. Die Abnahme ist aber nicht ganz gleichmässig, nach einigen Tagen verlangsamt sie sich so bedeutend, dass es den Anschein gewinnt, als sei ein Stillstand eingetreten, so dauert es längere Zeit, bis ganz allmählich die Empfindlichkeit auf ihren normalen Stand zurückkehrt [1]). Dies geschah aber in meinen Versuchen zuletzt immer, wenn ich auch ein Stück von einem Centimeter aus den Hintersträngen ausgeschnitten hatte. Vergl. über diese Hyperästhesie den letzten Abschnitt dieses Kapitels über sensibele Leitung.

Es liegt nahe, zu vermuthen, dass diese paradoxe Erscheinung auf einer gesteigerten Reflexbewegung im hinteren Theile des Körpers beruhe, welche erst mittelbar, durch starke Erschütterung des die Bewegung der Hinterfüsse nicht mehr fühlenden *Vorderkörpers*, und durch etwaige Zerrung des blossgelegten und verwundeten Markes die erhöhte Empfindung bewirke. Aber dieser Verdacht ist leicht zu widerlegen durch die beiden folgenden Versuche. 1) Eine sehr gemässigte Reizung irgend einer Art, z. B. Druck, welche ein gesundes Thier noch nicht zu empfinden scheint und welche auch an den Vorderfüssen des am Dorsalmarke auf die bezeichnete Weise operirten Thieres *spurlos* vorübergeht, wird auf die Zehen der Hinterfüsse angewendet, nur ein plötzliches Erheben des Kopfes, Aufrichten der Ohren, *ohne* weitere Fluchtversuche und Bewegungen der Extremitäten hervorrufen. Das Thier sieht aus, wie wenn es heftig erschreckt wird. 2) Legt man das *ganze* Lendenmark bloss, so ist häufig schon in Folge eines nicht beabsichtigten Druckes auf das Mark in der ersten Zeit der Hintertheil zwar ohne Bewegung, aber die Empfindung hat nicht gelitten. Sind nun die Hinterstränge an irgend einer Stelle durchschnitten oder in grösserer Ausdehnung abgetragen worden, so bewirken Reize auf die motorisch vorübergehend erlahmten Theile ganz die oben beschriebenen Erfolge einer anscheinenden Hyperästhesie. Durchschneidung aller vorderen Wurzeln kann bei diesem Versuche ebenfalls angewendet werden. Diese controlirenden Experimente

---

[1]) *Normal* im Vergleiche mit den Vordertheilen, aber es ist auffallend, dass das *ganze Thier*, mit anderen von gleichem Alter und gleichem Wurfe verglichen, einige Monate nach der Operation *stumpfer* empfindet. Das beobachtete ich an Hunden und Katzen.

habe ich sehr oft und auch vor den Commissären der französischen Akademie angestellt. Durch dieselben wird bewiesen, dass eine wahre Gefühlsleitung durch die verwundete Stelle hindurch stattfindet, ob aber das *Gefühl* wirklich heftiger ist als normal, oder ob nur die Reflexe, welche die *Aeusserung* des Gefühles darstellen, nach der Verletzung ausgebreiteter und stärker sind, unterliegt noch der Discussion. Wir werden hierauf noch zurückkommen.

Andere Thiere als Kaninchen und selbst Frösche zeigen wesentlich ganz denselben Anschein von Hyperästhesie nach Durchschneidung der Hinterstränge. Die Sache wird aber hier nicht so sehr auffallend, weil 1) die meisten dieser Thiere im normalen Zustande nicht dieselbe Unempfindlichkeit gegen Reize darbieten, welche die Kaninchen auszeichnet. 2) Weil sie auch nach der Operation ihre Empfindung mehr durch Bewegungen und nicht in dem Grade wie Kaninchen, durch Schreien verrathen. Nach den Kaninchen sind die Ratten und jungen Ziegen am meisten zur Demonstration zu empfehlen. Auch Katzen und Hunde zeigen die Sache noch deutlich. Aetherisirt man die so operirten Thiere, so zeigt es sich ausnahmlos, dass die hinter dem Schnitte liegenden Theile am spätesten die Zeichen der Empfindlichkeit verlieren und sie am frühesten beim Erwachen wieder erlangen. Es ist dies Letztere zuerst von *Brown-Sequard* hervorgehoben und von mir oft bestätigt worden.

Die Steigerung der Gefühlsreactionen nach Durchschneidung der Hinterstränge oder des hintersten Theiles des Rückenmarkes ist schon in den ersten Versuchen von *Fodéra* (Magendie Journ. 1823, pag. 200) hie und da deutlich hervorgetreten, und auch *Schöps* hat sie unverkennbar in einem der von ihm beschriebenen Experimente vor sich gehabt (*Meckels* Archiv 1827). Es kann nur in der Unvollkommenheit der Versuchsmethode liegen, dass die genannten Experimentatoren sie in anderen Fällen nach derselben Verletzung vermissten und dass sie bis auf die neuere Zeit nicht wieder hervorgehoben wurde, wo ich sie in den Berner Schriften von 1853 als eine *constante* und *ausnahmslose* Folge der angegebenen Operation bezeichnete [1]).

---

[1]) *Brown-Sequard*, der im Jahre 1855 in einer Reihe ausführlicher Mittheilungen die eben beschriebenen Thatsachen bestätigte, nimmt für sich die Priorität ihrer Entdeckung in Anspruch, indem er sich auf eine Bemerkung beruft, welche er im December 1849 bei Gelegenheit einer anderen Mittheilung über die Erhaltung des Gefühles und seine Steigerung nach Durchschneidung einer ganzen Rückenmarks*hälfte* vor der Société de Biologie gemacht, die aber gerade in dem angeführten Zusammenhange so zweideutig wird, dass gewiss keiner seiner damaligen Zuhörer, oder seiner Leser, darin eine nähere Begründung der eigentlich von *Fodéra* zuerst bestimmt geschenen Thatsache erblickt hat. Wie wenig die „Hyperästhesie" nach Durchschneidung beider Hinterstränge der genannten, einer jeden neuen nervenphysiologischen Entdeckung so warmes Interesse zuwendenden, Société de Biologie selbst im Jahre 1855 bekannt war, sehen wir aus dem von *Broca* im Namen dieser Gesellschaft gemachten und von *Brown-Sequard* selbst mehrfach citirten Berichte über die damals neuesten Arbeiten des Letzteren (Siehe Gaz. med. vom 30. Juli 1855, pag. 472). *Broca* erzählt daselbst, welches ausserordentliche Erstaunen in der Gesellschaft diese, wenige Wochen vorher mitgetheilte angeblich neue Entdeckung *Brown-Sequard*'s hervorgerufen, die allem bisher Bekannten so sehr widerspreche, dass man zuerst geglaubt habe, man habe den Sinn des Vortrages nicht richtig aufgefasst. Meine eigene Arbeit über das Rückenmark hatte ich zwar 1854 theilweise der Akademie, nicht aber der Société de Biologie, vorgelegt. In einem Aufsatze aus dem Jahre 1847, welcher sich als Separatabdruck den 1853 in New-York erschienenen experimental researches von *Brown-Sequard* wieder neu zugegeben findet, also von ihm damals noch anerkannt wurde, sagt er: „Après la section transversale des cordons postérieurs de la mœlle, au dos par exemple, le train posterieur reste sensible à peu près au même dégré qu'avant l'opération...... J'ai pris des précautions, que je puis appeler exagerées pour éviter les causes d'erreur......" Gesetzt nun, er hätte auch ein anderes Mal einen besseren Erfolg gehabt, was ist damit gewonnen, wo liegt der Fortschritt über die schon von *Fodéra* errun-

Um zu zeigen, dass die Erhöhung der Gefühlsreactionen *nur* von der Trennung der Hinterstränge, und nicht ihrer Nachbartheile abhängen kann, mussten diese ohne Verletzung der hinteren grauen Hörner eine Strecke weit abgetragen werden. Ich habe diese scheinbar so schwere Operation nach einer neuen später anzugebenden Methode wirklich vielfach ausgeführt. Der Erfolg war nur um so schlagender.

Durchschneidung *eines* Hinterstranges erhöht nur das Gefühl in der entsprechenden gleichnamigen Körperhälfte.

d) Die graue Substanz leitet Empfindung.

Wir lassen einstweilen die Frage bei Seite, ob die Hinterstränge selbst Empfindung nach dem Gehirn zu leiten im Stande sind, um zunächst nach den Bahnen zu forschen, durch welche die anscheinende Hyperästhesie nach Durchschneidung der hinteren Stränge dem verlängerten Marke zugeführt wird. Wir finden dieselben in der grauen Substanz.

Haben wir am letzten Brustwirbel die beiden Hinterstränge getrennt und uns überzeugt, dass das Thier jetzt auf eine sehr schwache Reizung der Hinterfüsse mit dem Vorderkörper überraschend viel heftiger als normal reagirt, so ätherisiren wir es von Neuem und durchschneiden zwei Wirbelhöhen weiter nach oben die beiden Seitenstränge. Zu diesem Behufe werden zuerst auf beiden Seiten 3 oder 4 Nervenpaare abgeschnitten, so dass das Mark, wenn wir an den vorderen Wurzeln ziehen, etwas um seine Axe rotirt werden kann und der Seitentheil nach oben kommt. Eine Art sehr flacher Nadeln, nach einem erhärteten Durchschnitte des Rückenmarkes derselben Stelle eines anderen Thieres gleicher Art und nahezu gleicher Grösse gebogen, umsticht die Seitenstränge, auf die man sodann einschneidet. Hierauf trennt man die Vorderstränge an derselben Stelle. Die graue Substanz wird dabei natürlich immer etwas verletzt, besonders leiden deren Hinterhörner. Dies ist aber vorläufig nicht wesentlich, wenn wir nur sicher sind, dass hier, ausser den schon weiter unten getrennten Hintersträngen, keine andere weisse Substanz mehr übrig ist. Das erwachende Thier ist in der ersten Zeit am Hinterkörper ohne alle Bewegung und Empfindung; nach einiger Zeit aber (bei Kaninchen oft erst nach mehreren Stunden) kehrt letztere nicht nur zurück, sondern erreicht auch die Steigerung wieder, welche sie vor der zuletzt ausgeführten Operation nach bloser Trennung der Hinterstränge besass. *Also geschieht die Leitung in der grauen Substanz, denn diese allein hing noch zusammen.*

Die Leitung der Empfindung *nach Durchschneidung der Hinterstränge* scheint aber auch *nur* in der grauen Substanz stattzufinden, denn die ganzen Vorder- und Seitenstränge scheinen unfähig sensibele Eindrücke fortzupflanzen und aufzunehmen.

Dies lässt sich freilich, wie jede negirende Behauptung, nicht mit aller wünschenswerthen Schärfe beweisen. Thatsache ist nur, dass ich bei mit der grössten Vorsicht und der sorgfältigsten Beobachtung angestellten zahlreichen Versuchen an verschiedenen Wirbelthieren *niemals* gesehen habe, dass im Hinterkörper auch nur noch eine Spur von Empfindung bestand, wenn ich die graue Substanz ganz zerstört hatte und dabei die Vorder- und Seitenstränge so viel als möglich zu schonen suchte. Letztere mussten zwar bei der mit einer Nadel vorgenommenen Zerstörung der grauen Vorderhörner immer etwas und vorübergehend leiden, aber die Rückkehr der Bewegung zeigte, dass ihre Function noch erhalten war. Dieser Umstand wird noch beweisender, wenn wir bedenken, dass bei Säugethieren jede drückende Wirkung die Bewegung so unendlich leichter

---

gene Kenntniss, wenn er nicht gelernt hat, seine Operationen so auszuführen, dass sie sich als constante und gesetzmässige Bedingungen immer gleicher Erscheinungen darstellen?

lähmt als die Empfindung. Um die Rückkehr der Bewegungsleitung durch die *Seitenstränge* zu constatiren, muss der Versuch oben am Halsmarke angestellt werden, wo die Thätigkeit dieser Stränge scharf geschieden ist.

Besondere Sorgfalt erheischt in diesen Versuchen die Erhaltung des hinteren Theiles der Seitenstränge, die man so oft fälschlich für empfindungsleitend ausgegeben und die man früher bei der Zerstörung der Hinterstränge stets mit verletzte. Ich verfuhr auf folgende Weise. Nach vollständiger Entblössung des Rückenmarkes in der Ausdehnung mehrerer Wirbel wird beim auf's Neue ätherisirten Thiere durch beide Hinterstränge ein Querschnitt gemacht, welcher noch eine dünne Schichte derselben, sowohl nach unten als nach den Seiten unverletzt lässt. Mit einer am Ende sehr dünnen, aber nicht allzu schmalen Pincette ergreife ich nun den unteren Schnittrand und ziehe denselben mit einer sicheren vorsichtigen continuirlichen, aber nicht zu heftigen Bewegung nach oben und hinten. So reisst jetzt der *ganze* Hinterstrang (also auch die nicht durchschnittene Schicht, aber kein anderer Theil) vom Rückenmarke los, und ich kann ihn so auf die Länge von mehreren Zollen abziehen. Ich sehe jetzt an seiner Stelle eine nahezu dreikantige Lücke des Markes, deren Mittelspalte der obere Theil der hinteren Commissur, deren Seiten die hinteren grauen Hörner bilden, unter welchen der Seitenstrang geschützt liegt. Ich kann nun sanft die Hinterhörner mit einer Staarnadel entfernen, kann darauf die vor mir liegende centrale graue Substanz zerstören und nur die Durchbohrung der Vorderhörner, die ich, ein gehärtetes Präparat vergleichend, mit einem eigenen nadelartigen Messerchen vornehme[1]), bietet einige Unsicherheit. Ist aber auch letztere ganz vollständig gelungen (und die bekannte Breite der Vorderhörner ermöglicht den Erfolg), so ist, trotz der Erhaltung der Seitenstränge, alles Gefühl des Hinterkörpers dauernd *verschwunden*. (Vergl. Comptes rendus 1854, I. pag. 926.)

Bei Fröschen ist es möglich durch einen queren Schnitt von hinten aus die *ganze* graue Substanz mit den Vorderhörnern zu trennen. Die Vorderstränge werden dabei zwar an ihrem obersten Theile verletzt, aber nicht so bedeutend, dass die Bewegung nicht zurückkehrte, um sich ganz unbestimmte Zeit lang (so lange das Thier lebt) zu erhalten. Aber alle Empfindung ist trotzdem unwiederbringlich dahin.

Wie früher *Schöps*, *Calmeil* (der indessen später widerrufen zu haben scheint) und *Budge* so spricht auch in neuester Zeit *Brown-Sequard* wieder von einer Leitung der Empfindung durch die *Vorderstränge*. Dies steht mit des letztgenannten Forschers eigenen früheren Resultaten im Widerspruche und ich selbst habe bei meinen Versuchen, so sehr ich darauf achtete, nie etwas gesehen, was diese Ansicht nur im geringsten stützen könnte. Wohl aber bleibt die Empfindung, und dies scheint die Sache aufzuklären, wenn nur der kleinste Theil der vorderen grauen Hörner übrig gelassen wurde. Daher denn auch *Chauveau* unvollständige Resultate erzielte. (Cf. Union médicale 1857 vom 2. Juni.)

e) Welche Theile der grauen Substanz leiten Gefühlseindrücke?

Van Deen hatte nach seinen ersten Versuchen an Fröschen angegeben, dass nach Durchschneidung der Hinterstränge alle Empfindungsleitung aufhöre (Traités et découvertes 1841 pag. 25), aber in einem Nachtrage zu seinem Werke (l. c. pag. 166) gesteht er, sich hierin geirrt und sich überzeugt zu haben, dass bei Fröschen die Empfindung fortdauere, so lange nach Einschnitten in das Rückenmark von hinten noch unverletzte graue Substanz auf den Vordersträngen zurückgelassen worden sei. *Stilling* hat sich dieser Angabe sehr energisch widersetzt, indem er behauptet, nur der *hintere* Theil der grauen Substanz könne Empfindung leiten. *Eigenbrodt* hat aber (Leitungsgesetze im Rückenmark 1849

---

[1]) Das hier gebrauchte Messerchen liefert mir *Lüer*, unter dem Namen das „amerikanische" Augenmesserchen.

pag. 41) wieder bei Fröschen gefunden, dass nur dann das Gefühl aufhörte, wenn die undurchschnittene Schicht „wahrscheinlich" nur aus vorderer weisser Substanz (bei Einschnitten in's Rückenmark von hinten her) bestand. Aus meinen Versuchen an Säugethieren, Vögeln und Fröschen geht zunächst die vollständige Bestätigung des späteren *Van Deen*'schen Resultates hervor. Hat man einem Kaninchen die Hinterstränge eine Strecke weit abgetragen und die hintere Hälfte der grauen Substanz, mit oder ohne Verletzung der Seitenstränge, eingeschnitten, so nimmt zwar die anfangs nach der ersten Operation bestehende heftige Reaction auf sensible Eindrücke etwas ab, aber sie ist immer noch bedeutend stärker als normal, schneidet man nur an einer etwas mehr nach hinten gelegenen Stelle der entblössten grauen Substanz (nicht am Orte der ersten Verletzung, um die spätere Leichenuntersuchung nicht zu trüben) bis in die Mitte der Rückenmarkshöhe ein, so ist die „Hyperästhesie" stets noch vorhanden, aber schon deutlicher gemindert, schneidet man an einer dritten Stelle noch tiefer, so schwächt sich das Gefühl noch mehr ab, bleibt aber immer noch erhalten, oder, was häufiger ist, es ist im ersten Momente nach dem Schnitte verloren, um sich dann, und zwar stets noch ausgesprochener als normal allmählich wieder herzustellen. Es kann in glücklichen Fällen — und ich hatte Gelegenheit einen Versuch dieser Art den Herren *Flourens* und *Serres* im Jahre 1854 zu zeigen — nicht nur *noch zugegen* sein, es kann den hyperästhetischen Anschein bewahren, wenn alle centrale graue Substanz zerstört ist und nur noch die *vorderen* grauen Hörner die Verbindung der empfindungsleitenden Theile mit dem Hinterkörper herstellen. Ja noch mehr, selbst die Basis dieser Hörner konnte von oben her mit einer Staarnadel durchschnitten werden und der Hinterkörper war in einzelnen Versuchen an Kaninchen und Katzen noch so empfindlich, dass eine Quetschung des Schwanzes oder einer Zehe heftige Fluchtbewegungen des Vorderkörpers erzeugten. Diese durften hier um so weniger als durch Reflexbewegungen entstanden gedeutet werden, als beim Versuche die Basis der Vorderhörner zu zerstören der ganze Hinterkörper unbeweglich geworden war und dafür Sorge getragen wurde, dass die Thiere die Bewegungen meiner Hand nicht sahen.

Nehmen wir vorläufig mit *Van Deen* und *Eigenbrodt* an, dass auch die weissen Hinterstränge Empfindung leiten, so beweisen ihre Versuche an der grauen Substanz, so wie die eben angeführten an Säugethieren, nur, dass die *vordersten* Theile der grauen Substanz ebenfalls Empfindung zum Gehirne fortpflanzen können. Für die eigentliche *centrale* graue Substanz und für ihre ganze *hintere* Hälfte beweisen sie, streng genommen, nichts, da selbst die Schwächung der Empfindung vor ihrer gänzlichen Aufhebung durch eine indirecte Einwirkung des Schnittes auf die nach unten gelegenen stets dem Drucke des Messers ausgesetzten grauen Vorderhörner erklärt werden könnte. Wer wollte bei solchen Versuchen aus einer blosen Schwächung des Gefühls irgend einen Schluss ziehen?

Jedenfalls aber genügen die mitgetheilten Thatsachen, zu zeigen, dass die noch zwei Jahre nach der Veröffentlichung meiner Resultate von *Brown-Sequard* ausgesprochene Meinung, dass *wesentlich* die *centrale* graue Substanz neben und *hinter* dem Spinalcanal die Empfindungen leite, auf unvollständiger Beobachtung beruht. (Vergl. Gaz. méd. September 1855, pag. 594). Derselbe Experimentator glaubt alle Empfindungsleitung vernichten zu können, wenn er mit einem „geeigneten" Instrumente, zwischen den Hintersträngen eingehend, die graue *centrale* Substanz mit Schonung aller weissen zerstörte. Mit Recht hat *Chauveau* nach seinen Versuchen dieser irrigen Behauptung widersprochen (Union médicale 1857 vom 2. Juni).

Um die Empfindungsleitung in den verschiedenen Theilen der grauen Substanz zu beweisen, müssen diese Theile von einander isolirt und jeder derselben so geprüft werden, dass er die *alleinige* graue Verbindungsbrücke zwischen Hinter- und Vorderkörper bildet. Ausserdem müssen stets die weissen Hinterstränge entfernt sein.

Eine grosse Reihe von Versuchen, die ich nach diesem Plane an Hunden, Kaninchen, einzelnen Katzen und Fröschen angestellt, hat mich zu dem Resultate geführt, dass in Betreff der Empfindungsleitung (und für die Bewegung) der früher hie und da angenommene *Unterschied zwischen vorderer und hinterer grauer Substanz durchaus nicht existirt.*

Auch die hintere Hälfte der grauen Substanz leitet Gefühlseindrücke.

Dies wurde bewiesen, indem ich die Hinterstränge nach der oben angegebenen Methode mit Schonung der hinteren Hörner abtrug, und dann an einer Stelle auch noch die ganze vordere Hälfte des Markes durchschnitt. Die Empfindung, anfangs verloren, kam nicht nur im ganzen Hinterkörper *wieder*, sondern ihre Aeusserungen wurden *stärker* als normal, als Folge der Abtragung der Hinterstränge.

Die centrale graue Substanz und jede ihrer oberen oder unteren Hälften, nach Abtrennung der Hörner, leitet Empfindung.

Für die centrale graue Substanz im Ganzen ist dies nicht so sehr schwer zu beweisen. Sie wird mit ihren Hörnern von oben her bloss gelegt[1]), und dann wird auf beiden Seiten ein sehr feines nadelförmiges Messerchen von oben nach unten so eingebohrt, dass es nach innen gerade an der convexesten Stelle der Seitenstränge vorbeistreift; wenn man die Wirbelkörper mit der Spitze berührt, führt man die Schneide nach aussen und trennt so die oberen, die unteren Hörner, die Seitenstränge und einen Theil der Vorderstränge. Man muss hierzu sehr grosse Hunde wählen und sehr rasch operiren, damit nicht Blut die obere Wundspalte verdecke. Der Versuch ist mir indessen ein Mal auch an einem Kaninchen gelungen. Hat man dem Thiere gehörige Zeit zur Erholung gegönnt, so werden die Hintertheile des Körpers sogar hyperästhetisch.

Von besonderem Interesse war es, die sehr kräftige Gefühlsleitung durch die *hintere* Hälfte der grauen centralen Substanz kennen zu lernen, weil einige Angaben, freilich auf sehr schwankende Gründe gestützt, vorliegen, nach welchen dieselbe gar nicht aus Nervensubstanz, sondern aus blossem Zellgewebe bestehen soll. Eine grosse Versuchsreihe hat mir gezeigt, dass dieses angebliche Zellgewebe nicht nur ein vorzüglicher Leiter der Empfindungen (in glücklichen Fällen, wo sich die Thiere von der angreifenden Operation gehörig erholten, sogar unter der Form der Hyperästhesie) ist, sondern dass es, wie wir sehen werden, auch Bewegungsantriebe überträgt. Wenn in der neuesten Zeit die mikroskopisch anatomischen Studien, mehr als sie es verdienen, vernachlässigt werden, so trägt gewiss der Leichtsinn den grössten Theil der Schuld, mit welchem man es wagt, auf die schwankendsten und unsichersten mikroskopischen Unterscheidungen hin, über Fragen vorschnell abzusprechen, die nur das Experiment *allein und endgültig* zu entscheiden hat.

Auch wenn bei den vorher beschriebenen Versuchen die centrale graue Substanz selbst noch etwas eingeschnitten worden ist, kann der ganze Hinterkörper sehr deutlich empfindlich bleiben.

Ich glaube aus diesen Versuchen schliessen zu dürfen, dass *jede Brücke aus der ganzen Höhe der grauen Substanz, die den vorderen und hinteren Theil des Rückenmarks noch verbindet, auf Gefühlseindrücke, die den*

---

[1]) Nach der pag. 242 angegebenen Methode.

hinteren Theil treffen noch deutliche Gefühlsreactionen, Schreien, Fluchtversuche u. s. w. im Vorderkörper des Thieres hervorrufen kann. [1])

Je geringer die Masse unverletzter Substanz, um so mehr wird ferner, und dies ist im höchsten Grade bemerkenswerth, die Gefühlsleitung *verlangsamt.* Man bemerkt dies, wenn man einen sehr schnell vorübergehenden mechanischen oder galvanischen Reiz einwirken lässt, und es ist leicht, selbst an Fröschen, die betreffenden Versuche anzustellen, denen man das Rückenmark von vorn oder hinten her immer tiefer einschneidet. Die Gefühlsreaction ist oft noch ausserordentlich heftig, wenn die Verlangsamung ihres Eintritts schon sehr auffallend geworden ist. Bei Säugethieren, die in den Zwischenzeiten der Einzelversuche ganz ruhig sind, während sie nach Fingerdruck auf die Ferse schreien und zu fliehen versuchen (Kaninchen, Katzen), um bald wieder in die frühere Ruhe zu verfallen, ist der Versuch freilich noch sicherer als bei Fröschen, die den Schmerz nur durch heftige Bewegungen verrathen, die auch manchmal spontan auftreten können.

Man wird es nach dem Vorhergehenden erklärlich finden, wie auch bei Menschen manchmal eine Entartung des Markes die Leitung der Empfindung nicht nur schwächen, sondern bedeutend *verzögern* kann. Diese, meines Wissens, zuerst von *Cruveilhier* gemachte Wahrnehmung (Anat. pathologique XXXVIII pag. 9) ist später von Manchen mit Unrecht in Zweifel gezogen worden. *Cruveilhier* bemerkte in einem Falle, der mit motorischer Lähmung verknüpft war, dass es 15 bis 30 Secunden dauerte, ehe sich der Patient eines an den gelähmten Theilen angebrachten Empfindungsreizes bewusst wurde.

Die verschiedenen Schichten der grauen Substanz stehen, wie ich schon in meinen ersten Untersuchungen bemerkte, und was auch ganz neuerdings von *Brown-Sequard* anerkannt wird (Journal de Physiol. 1858 I.), durchaus nicht in bestimmt *ausschliesslicher* Beziehung zu einzelnen Gruppen der Gefühlsnerven des hinter der Wunde befindlichen Körpertheiles, so dass nach Durchschneidung einer Schicht gewisse Stellen schon unempfindlich würden, während andere noch sensibel blieben. *Jede Querschicht der grauen Substanz leitet vielmehr die Empfindung aller Punkte des Hinterkörpers.*

Tiefe Verletzungen der grauen Substanz schwächen das Gefühl im *ganzen* Hinterkörper, aber nie habe ich gesehen, dass es nach Einschnitten an einem Punkte verschwindet, während es an anderen noch erhalten ist, es schwächt sich und verschwindet nach Verwundungen gleichzeitig an allen nach hinten gelegenen Theilen. Hingegen schien es mir öfters, dass nach Einschnitten der *Grad* der Gefühlsschwächung, obschon überall bemerklich, an einigen Theilen *beträchtlicher* war als an anderen.

Alle diese Eigenthümlichkeiten der Leitung in der grauen Substanz hängen wahrscheinlich mit der allseitigen Verbindung der Ganglienkugeln durch ihre Ausläufer zusammen, welche wir oben schon zur Erklärung der Verbreitung der Reflexe herbeigezogen. Die Wege der Leitung werden nicht abgeschnitten, sie werden nur immer complicirter, je mehr von der Dicke der grauen Substanz verloren gegangen. Daher die *Verlangsamung* und die *Schwächung* der Leitung, daher ihr *gleichzeitiges* Aufhören, da jede einzelne Ganglienkugel [2]), die noch einen leitenden Fortsatz zu einer anderen jenseits der Wunde schickt, mit allen Kugeln, also allen empfindenden Nerven diesseits in mehr oder weniger mittelbarer Verbindung steht. Wie hierbei dennoch eine *isolirte* Wahrnehmung der Empfindungen denkbar ist und wie das Localitätsgefühl vermittelt wird, werden

---

[1]) Die Resultate einer Trennung der *Quere* nach kommen später zur Sprache.

[2]) Richtiger jede einzelne *Querschicht von Ganglienkugeln,* denn *innerhalb* einer solchen existirt, wie wir noch sehen werden, für die einzelnen Kugeln eine grössere den beiden Körperhälften physiologisch entsprechende Trennung.

wir bald sehen. Jetzt aber ist es schon einleuchtend, dass eine bestimmte Schicht der grauen Substanz, wenn sie auch mit den Gefühlsnerven aller dahinter gelegenen Körpertheile in mehr oder weniger directer Verbindung steht, doch das Gefühl aus irgend einer bestimmten Körperregion energischer, rascher und schneller zum Gehirn leiten kann, wenn sie von den Kugeln, mit denen sich die Nerven dieser Region zuerst und unmittelbar verbinden, *directe* Leitungswege nach oben führt; für jede andere Körperregion aber einen durch viele eingeschaltete Kugeln unterbrochenen Umweg darstellt.

Die Fähigkeit der grauen Substanz Empfindungseindrücke sehr gut in den verschiedensten Richtungen zu leiten, wird sich uns bald noch klarer herausstellen, wenn wir von den Erfolgen partieller Quer- und Längstheilungen des Rückenmarkes handeln. Zunächst aber ist einer anderen merkwürdigen Eigenschaft dieser Substanz zu gedenken und die Frage nach der Leitungsfähigkeit der weissen Hinterstränge zu beantworten.

f) Die graue Substanz ist unempfindlich.

Dieser Satz ist allerdings schon von vielen Forschern (zuerst von *Magendie* und am entschiedensten von *Longet*) ausgesprochen worden, aber alle Schriftsteller, welche der grauen Substanz die Empfindung absprachen, liessen auch die Leitung der sensibeln Eindrücke *einzig* durch die *weissen* Rückenmarksstränge zu Stande kommen. Diejenigen hingegen, welche wie *Stilling*, *Eigenbrodt* u. A. die graue Substanz ausschliesslich oder theilweise zu den Empfindung leitenden Theilen rechnen, gestehen ihr auch in demselben Maasse Sensibilität d. h. die Fähigkeit zu, durch directe reizende Eingriffe Schmerz oder Sensationen veranlassen zu können. Es verstand sich für die Physiologen gleichsam von selbst, dass nur sensible Theile Empfindungen bis zum Hirn fortzuleiten im Stande seien, und dass umgekehrt, gefühllose Theile nicht sensibler Leitung vorstehen könnten. Es war daher eines der auffallendsten Ergebnisse meiner Untersuchungen, zu welchen ich schon beim Anfange derselben 1849 gelangt war, das ich aber, besonders wegen des Misstrauens, mit dem es damals von vielen Mitgliedern der *Senkenberg*schen Gesellschaft aufgenommen wurde, erst 1853 veröffentlichte, nachdem ich es den mannigfaltigsten Controlversuchen unterworfen hatte, dass die graue Substanz, welche im Rückenmarke der *vorzüglichste* Leiter der Empfindungen ist, *sich als vollkommen unempfindlich bewährt.* Am besten macht man den Versuch auf folgende Weise.

Einem Kaninchen (ich habe den Versuch auch an Hunden, Katzen, Meerschweinchen, Ziegen und Ratten gemacht) wird ein Theil des Dorsalmarkes nebst dem Anfange des Lumbarmarkes entblösst und die Hinterstränge werden hier mit Schonung der grauen Hinterhörner eine beträchtliche Strecke weit abgetragen. Gönnt man darauf dem Thiere so lange Ruhe, bis es sich aus dem Aetherrausche zu völligem Bewusstsein erholt hat, so wird, wie wir bereits wissen, jeder schwache Druck auf die hinter dem Schnitte gelegenen Theile das sonst so geduldige Thier in heftige Unruhe versetzen, der Kopf wird durch längere Zeit den Druck überdauerndes Schreien und heftige Bewegungen, die Vorderbeine durch schnelles Fortziehen des Hinterkörpers beweisen, dass von dem letzteren aus ein heftiger, alle Aeusserungen starken Schmerzes hervorrufender Eindruck zu ihnen geleitet wird, und dieser Effect steht in stärkstem Contrast sowohl mit der normalen Unempfindlichkeit der Kaninchen, als mit der Geringfügigkeit des von uns bewirkten Eingriffes. Während nun die heftige Wirkung aller Reize, die den Körper hinter der Verletzung treffen, durch das ganze Rückenmark, also auch durch die von den Hintersträngen entblösste Stelle hindurch geleitet werden muss, liegt es nahe, zu vermuthen, dass gerade die letztere sich in einem Zustande erhöhter oder veränderter Erregbarkeit befinde, und so von ihr aus die bestehende Hyperästhesie hervorgerufen werde. Aber gerade das Gegentheil findet statt. Man kann, während das Thier ruhig auf dem Tische steht, die erwähnte Stelle des Rückenmarkes bis auf den Knochen mit Nadeln

durchbohren, man kann successiv mehrere Nadeln in denselben einpflanzen, man kann vorsichtig mit dem Messer Stücke von derselben abtragen, man kann mit der Pincette in derselben herumwühlen, sie mit ätzenden Substanzen betupfen, starke electrische Ströme durch sie hindurchsenden, man kann dieselbe brennen oder auf sonstige Weise völlig zerstören, das Thier empfindet nicht den geringsten Schmerz; ja es merkt es gar nicht, denn auch die Bewegungen seiner Augen, Ohren u. s. w. deuten nicht einmal an, dass es irgend einen sensibeln Eindruck empfindet. Bei diesen Versuchen muss man sich aber wohl in Acht nehmen, nicht wider den hinteren Theil des Kaninchens zu stossen, oder denselben unvorsichtig zu berühren, denn im Augenblicke, wo dies geschieht, wird das Thier, wenn noch nicht der grösste Theil der grauen Substanz zerstört ist, schleunig die Flucht ergreifen oder in Schreien gerathen, weil der Rest der grauen Substanz noch immer jede Empfindung in der Form heftiger Hyperästhesie nach vorn leitet. Oft habe ich in meinen Demonstrationen gezeigt, dass ein frei auf den Tisch gesetztes Kaninchen, dem man, ohne dass es irgend reagirte, 4, 6, ja 8 der dicksten Nadeln in das Rückenmark eingepflanzt hatte, mit denselben plötzlich schreiend davonlief, wenn man seine Ferse kneipte. Sobald ich aber, ich wiederhole es, *alle* graue Substanz in irgend einem Querschnitte des Markes zerstört hatte, blieben alle auf den Hinterkörper applicirten Reize völlig erfolglos.

Man sieht, dass ein Theil der Reize, denen ich die graue Substanz unterwerfe, der Art sind, dass die beiden Elemente, welche man in derselben annimmt, die Fasern und die Kugeln von der Erregung ganz gleichmässig getroffen werden müssen, dass also nicht im Entferntesten daran zu denken ist, dass ich eben nur eine Art der Elemente gereizt hätte, welche zwar unempfindlich, aber auch nicht empfindungsleitend wäre.

Wenn man bisher unter den leitenden Nervensubstanzen nur motorische, sensuelle und sensibele unterschied und allen Theilen, welche Gefühlseindrücke leiten auch *Sensibilität*, d. h. Aufnahmsfähigkeit für directe sensibele Reize zuschrieb; so tritt uns hier im Innern des Rückenmarkes eine Substanz entgegen, welche zwar sehr gut Empfindung *leitet*, aber durchaus nicht *sensibel* ist. Diese Substanz musste daher auch durch einen neuen Namen von der sensibeln unterschieden werden und ich habe dieselbe als *ästhesodische* (von ὁδος, Weg) bezeichnet.

Funke (Physiol. dritte Lieferung, pag. 924) machte mir den Vorwurf, dass ich mit der Bezeichnung der *ästhesodischen* Substanz nur einen Namen und keinen Begriff, keine Erklärung meiner Beobachtungen gegeben. Allerdings ist es nur ein Name, derselbe ist aber unentbehrlich, wie jeder andere Name für eine neue Sache, wenn man sich keiner langen Umschreibungen bedienen und Verwirrung vermeiden will. Dieser Name ist durchaus nicht weniger berechtigt als diejenigen der „sensibeln“ oder „motorischen“ Substanz, die eben so wenig Begriffe liefern, sondern nur bestimmte Eigenschaften ausdrücken, die gewiss nicht schärfer umgränzt und nicht tiefer verstanden sind, als diejenigen, welche ich als *„ästhesodische“* bezeichne.

Brown-Sequard hatte sich bis zum Jahre 1855 nur schwankend über die Eigenschaften der grauen Substanz und über die Empfindlichkeit derselben ausgesprochen. Noch im Jahre 1853, als ich die eben erwähnten Versuche publicirte, sagte er von den Elementen der grauen Substanz des Rückenmarkes, „sie *scheinen* nicht erregbar zu sein, wenigstens durch die gewöhnlich angewendeten Erregungsmittel“ (On the different degrees of excitability of the different parts of the sensitive nerve-fibres in his „Expiremental Researches“. New-York, 1853, pag. 99). Am wenigsten aber hatte er, so viel mir bekannt, sich in früheren Schriften entschieden darüber geäussert, dass die graue Substanz Emfindung leite, obgleich sie unempfindlich sei. Erst im Jahre 1855, nachdem er, wie er sagt, durch die Auffindung der nach hinten strahlenden Fasern in den weissen Hintersträngen zu neuen Untersuchungen über das Rückenmark veranlasst wurde, bestätigt er in einer Reihe von Mittheilungen meine zwei Jahre vorher veröffentlichte Entdeckung der ästhesodischen Natur der grauen Substanz, die er zuerst als einen grossen neuen Fund für sich in Anspruch nahm, um später, als ich ihn auf meine Priorität aufmerksam machte, die Sache so hin

zustellen (Gaz. des hopitaux. 1855), als sei sie eigentlich den meisten der bisherigen Forscher stillschweigend bekannt gewesen! Dem Leser, der sich specieller für die Geschichte der Physiologie des Rückenmarkes interessirt, müssen wir es überlassen, die hier entwickelte Logik des französichen Experimentators zu würdigen.

Die ästhesodische Substanz vermittelt nur solche sensibele Eindrücke, welche ihr von anderen wirklich *empfindlichen* Nervenpartien übertragen werden. Da nun die Hinterstränge des Markes empfindlich sind, und die Fasern derselben an vielen Orten in die graue Substanz übergehen, so wird folgender Versuch keiner weiteren Erläuterung bedürfen. Das Rückenmark wird eine lange Strecke weit blossgelegt, die Hinterstränge werden an zwei etwa 2 Centimeter von einander entfernten Stellen durchschnitten. Von der obern Durchschnittsstelle werden sie nach *oben*, von der untern nach *unten* hin eine Strecke weit entfernt und weggeschnitten, so dass zwischen zwei Stellen, an denen die graue Substanz bloss liegt, sich eine befindet, an der sie von den Hintersträngen noch überdeckt ist. Lässt man jetzt das Thier (ich habe den Versuch an Kaninchen und Hunden, einmal auch, im Juli 1854, in Gegenwart *Magendie*'s an einem Frosche mit gleichem Erfolg angestellt) aus der Aetherbetäubung erwachen, so ist das Rückenmark an beiden Stellen, so weit es von den Hintersträngen entblösst ist, durchaus unempfindlich; das zwischen ihnen gelegene inselartige Stück der oben und unten abgetragenen weissen Hinterstränge ist aber noch deutlich empfindlich, und wenn man längere Zeit wartet, sogar empfindlicher als normal. *Brown-Sequard*, der diesen Versuch mit Erfolg wiederholte, fand, dass das so isolirte Stück der Hinterstränge nur dann empfindlich bleibt, wenn es mehr als das Gebiet eines einzigen Nervenwurzelpaares umfasst. Dies scheint zwar für Säugethiere, aber nicht für Frösche richtig zu sein.

Strychnin, welches die reflectirende Thätigkeit der grauen Substanz in so hohem Maasse steigert, ertheilt derselben keine Empfindlichkeit.

In allen diesen Versuchen muss das Thier mit entblösster grauer Substanz wenigstens so lange warten, bis es aus der Narkose erwacht ist. Die graue Substanz bleibt daher eine Zeit lang der Luft ausgesetzt und man könnte einwerfen, dass dieser Einfluss, ohne ihre Leitungsfähigkeit zu beeinträchtigen, einen geringen Grad etwa vorhandener Empfindlichkeit vernichten könne. Dagegen sprechen 1) dass man bei quer durchschnittenem Rückenmarke, wie *Magendie*, *Van Deen*, *Longet* und Andere gesehen, wenn man vorsichtig operirt, oft ziemlich tief in die graue Substanz hineinbohren kann, ohne Empfindung zu erregen. 2) Dass an Stellen, wo die graue Substanz nicht von der weissen, sondern von einer unempfindlichen Hülle bedeckt ist, man nach Blosslegung des Rückenmarkes das Wiedererwachen des Thieres abwarten und erst dann die graue Substanz entblössen und *unmittelbar* darauf reizen kann. Sie zeigt sich auch hier völlig unempfindlich. Diese Versuche stellte ich bei Vögeln am Sinus rhomboidalis der Lendenanschwellung des Markes an. Auch werden wir sehen, dass das verlängerte Mark der Säugethiere am Boden des vierten Ventrikels unmittelbar nach seiner Blosslegung nicht empfindlich ist.

g) Leitung in den weissen Hintersträngen.

Die Hinterstränge sind hier in doppelter Hinsicht in Betracht zu ziehen. In sie verbreiten sich nämlich pinselförmig auseinanderstrahlend die Nervenfasern der hintern Wurzeln, um zur grauen Substanz zu gehen. Insofern sie also einen vorübergehenden Aufenthaltsort jener Wurzeln darstellen, werden sie dasselbe Leitungsvermögen haben, wie jene Wurzeln selbst; sie werden aber *diese* Art der Gefühlsleitung für jede perepherische Körperstelle wieder verlieren, wenn die betreffenden Wurzeln

sie wieder verlassen haben *(Stilling)*. In diesem Punkte scheinen jetzt alle Schriftsteller einig zu sein. Eine andere Frage ist aber, ob die Hinterstränge, unabhängig von der grauen Substanz, ebenfalls noch durch ihren ganzen Verlauf hindurch Empfindungseindrücke bis zum Gehirn verpflanzen können, und ob diese Empfindungen (eventuell) derselben Natur sind, wie die von der grauen Substanz vermittelten.

Es ist klar, dass wenn wir die weissen Hinterstränge nur als Durchgangspunkte für die hinteren Wurzeln auf ihrem Wege zur grauen Substanz in's Auge fassen, die entsprechenden virtuellen Fortsetzungen der Nerven aber, nach ihrem *Austritte* aus den Ganglienkugeln, nicht wieder bei ihrem weiteren Verlaufe gegen das Gehirn in die weissen Hinterstränge *zurücktreten* lassen (letzteres wäre nach den anatomischen Anschauungen *Bidder*'s nicht unmöglich), hierdurch vollkommen genügend erklärt würde, warum eine vollständige Durchschneidung der Hinterstränge hoch oben am Halse keinen Theil der Brust, des Bauches oder der Extremitäten seines Gefühles beraubt, und Anästhesie höchstens nur im Gebiete derjenigen Nervenfasern hervorruft, welche an der Stelle der Verletzung gerade in die Hinterstränge ein- und durch sie hindurch treten. Aber diese Betrachtungsweise erklärt nicht, sie gibt uns nicht den geringsten Anhaltspunkt dafür, warum alle hinter dem Schnitte gelegenen Theile sogleich und dauernd in einen Zustand von Hyperästhesie verfallen, und eben dieses Mangels wegen kann die hier hervorgehobene Beziehung der Hinterstränge keine genügende, keine erschöpfende sein. Dies würden wir selbst dann zugestehen müssen, wenn nicht neuere Untersuchungen uns mit einer ganz eigenthümlichen ausschliesslich dem Verlaufe der Hinterstränge folgenden Art der Empfindungsleitung bekannt gemacht hätten, die für die Erklärung mancher pathologischen Erfahrungen ein hohes Interesse bietet.

α) Die Hinterstränge als Durchgangspunkte der sensibeln Wurzeln. Um zu untersuchen, ob die Hinterstränge abgetrennt von der grauen Substanz noch Empfindung nach dem Gehirn zu leiten im Stande seien, habe ich früher unter Andern folgende Methode angewendet. Ich legte das Rükkenmark eine beträchtliche Strecke weit bloss, schnitt am untern Ende des entblössten Stückes die Hinterstränge quer ein und fasste sie über dem Schnitt mit der Pincette, um sie durch stetigen, langsamen und vorsichtigen Zug nach oben und vorn von ihrer Umgebung abzuziehen. Es gelang mir so, ein mehrere Centimeter langes Stück der Hinterstränge von aller grauen Substanz abzulösen, und so nach oben und vorn frei in die Höhe zu heben und umzuschlagen, dass es nur noch an seinem Kopfende, welches ich weder abzureissen noch zu zerren Sorge trug, mit der oberen Fortsetzung der Hinterstränge am Rückenmark in Verbindung stand. Es wurde jetzt das vollständige Erwachen des tief ätherisirten Thieres abgewartet, bis ich das so isolirte Stück auf seine Empfindlichkeit prüfte. Es hatte dieselbe, wo das Stück nicht zu lange war, immer bis an das letzte Ende (unmittelbar vor der Berührungsstelle der Pincette) behalten, und Quetschungen oder selbst Stiche mit der Nadel, wo sie auf den Hinterstrang trafen, entlockten dem Thier Schmerzenszeichen. War aber das isolirte Stück sehr lang, so dass es etwa 5 oder 6 Wirbelhöhen umfasste, so konnte ich allerdings vom untersten Ende keine Schmerzenszeichen mehr hervorrufen; diese erschienen aber sogleich, wenn ich mich mit der Reizung mehr vom untern freien Ende entfernte, ohne mich dem obern noch unverletzten Mark mehr als um 3 bis 4 Wirbelhöhen zu nähern. Ich glaubte, dass in diesen Fällen das *äusserste* Ende beim Abgehen eines zu langen Stückes zu sehr gezerrt worden sei. In Verbindung mit einer andern Versuchsreihe aber, in welcher ich am Halse das ganze Rückenmark mit Ausnahme der weissen Hinterstränge (siehe unten) durchschnitten hatte, und wo dennoch von

den Hinterfüssen aus deutliche Zeichen von Gefühl zu erlangen waren, schloss ich, dass die Hinterstränge an und für sich Wege für die Gefühlsleitung nach dem Gehirne darstellten. *Brown-Sequard* hat nun später die erstere Versuchsreihe nach einer andern Methode wiederholt, welche keine Zerrung der Hinterstränge bewirken kann, indem sie gar nicht direct berührt werden, ausser an der Durchschneidungsstelle, eine Methode, welche freilich auch die Hinterstränge nicht vollständig von aller umgebenden grauen Substanz isolirt. Nichts destoweniger fand er, dass wenn der parallel der Axe des Rückenmarks geführte Schnitt, welcher die Hinterstränge abtrennt, länger als drei Wirbelhöhen ist, das Ende der Hinterstränge seine Empfindung vollständig verloren zu haben *schien*, seine Reizung erzeugte durchaus keine Schmerzenszeichen mehr. Ist der Längsschnitt unterhalb der Hinterstränge nur 2 Wirbelhöhen lang, so wird die Empfindung schon stumpf.

Sehr interessant ist ferner die Erfahrung von *Brown-Sequard*, die ich wesentlich bestätigen kann, dass wenn man von einem Querschnitt durch den hinteren Theil des Rückenmarkes, welcher die Hinterstränge umfasst, einen Längsschnitt, nicht nach *vorn* gegen den Kopf, sondern nach *hinten* gegen den Schwanz führt, so dass ein Lappen abgetrennt wird, welcher nur mit seinem *hintersten* Ende mit dem übrigen Mark zusammenhängt und der ausser den Hintersträngen nur noch die grauen Hinterhörner und den obersten Theil der Seitenstränge einschliesst, auch das vorderste abgelöste Ende dieses Lappens, das also nur indirect, durch eine anfangs nach *hinten* gehende, und am Ende des Längsschnittes nach vorn *umbiegende* Leitung mit dem Kopf zusammenhängt, noch sehr stark ausgesprochene Empfindung besitzt. Dies ist der Fall, wenn dieser Lappen nur *eine* Wirbelhöhe lang ist, die Empfindung wird schwächer, wenn der Lappen zwei Wirbelhöhen erreicht, und sie verschwindet fast ganz, wenn man den Längsschnitt 3 Wirbelhöhen weit fortführt.

Genau genommen beweist dieser Versuch, nach *Brown-Sequard*'s Methode angestellt, nicht was er beweisen soll, d. h. eine nach hinten gerichtete Leitung in den eigentlichen Hintersträngen, da mit den letzteren noch graue Substanz verbunden ist, deren Fähigkeit auch nach hinten, gegen das Schwanzende zu leiten, aus meinen früheren Experimenten schon feststeht. In der That kann man den Schnitt nach hinten auf die von *Brown* angegebene Weise in glücklichen Fällen oft 4 und 5 Wirbellängen weit fortführen, und die Empfindung gegen schmerzhafte Eindrücke kehrt im vordersten Theile des Lappens zurück, weil hier die graue Substanz die schlingenförmig eingebogene Leitung übernimmt. Nichtsdestoweniger sind die Schlussfolgerungen von *Brown* richtig, wie ich mich bei Versuchen nach meiner Methode durch Abziehen eines Lappens überzeugt habe, der nur ausschliesslich von den Hintersträngen, ohne alle anhängende graue Substanz gebildet wird.

Aus diesen Versuchen und einigen anderen, über die ich hier nicht specieller referiren kann, wird geschlossen, dass die gegen schmerzhafte Reizung empfindlichen Fasern, welche in verschiedener Höhe (und vermuthlich aus den hinteren Nervenwurzeln) in die weissen Hinterstränge eintreten, *nicht im Stande sind*, nach der ganzen Längenausdehnung der letzteren bis zum Gehirn zu leiten, sondern dass die Leitung, nachdem sie nur eine *kurze* Strecke weit den Hintersträngen gefolgt, den Zellen der grauen Substanz übertragen werden muss. Die leitenden Elemente, welche die weissen Hinterstränge in jedem Niveau aufnehmen, verlaufen in denselben zum Theil gegen das Kopfende, zum Theil gegen das Schwanzende gerichtet, nach der grauen Substanz (oder deren Ausläufer) hin. Die meisten haben die graue Substanz schon nach zwei Wirbelhöhen erreicht, einige erst nach drei Wirbelhöhen und übertragen

dann der letzteren die weitere Leitung, zu der, wie wir sahen, sie sehr gut befähigt ist. Daher wird ein die Hinterstränge von einem gegebenen Punkte aus auf die angegebene Weise isolirender Eingriff, z. B. ein Schnitt, der 3 Wirbelhöhen lang ist, alle (oder nach einigen meiner Versuche nahezu alle) an diesem Punkte befindlichen schmerzempfindenden Fasern aus ihrer Verbindung mit der grauen Substanz gelöst, und unempfindlich gemacht haben. Ist der Schnitt kürzer, so bleibt am gegebenen Punkte noch so viel Empfindung gegen schmerzhafte Reize, als noch von hier aus Fasern (nach vorn oder hinten verlaufend) die graue Substanz erreichen, welche dann den Eindruck nach oben leitet. Ist der Schnitt länger, so wird zwar der äusserste Ausgangspunkt gegen Schmerz unerregbar; aber ein näher an der Anheftungsstelle des Lappens gelegener Punkt, von dem noch Fasern die graue Substanz erreichen, kann sehr empfindlich erscheinen.

Man bemerkt leicht die grosse Uebereinstimmung, welche zwischen diesen Ergebnissen und den Befunden der mikroskopischen Anatomie herrscht, nach denen die in's Mark eintretenden Nervenwurzeln nur *zum Theil* in querer Richtung in die graue Substanz übergehen, theilweise dieselbe aber in schräger Richtung nach dem Kopfe und nach hinten gerichtet erreichen. Selbst die äussere Form der bereits frei hervortretenden hinteren Nervenwurzeln deutet durch die Richtung ihrer Bündelchen auf ein solches Verhalten hin.

Macht man aus den quer durchschnittenen Hintersträngen einen nach hinten und gleichzeitig einen nach oben gegen den Kopf sich fortsetzenden Lappen, so erscheint der gegen die Canda equina hin gehende bei weitem empfindlicher gegen Reizung als der direct nach dem Gehirn gehende. Dies hängt mit der bereits besprochenen Thatsache zusammen, dass *alle* empfindenden Theile, die hinter einem Querschnitte der Hinterstränge liegen, Hyperästhesie darbieten, und es ist durchaus nicht gerechtfertigt, wenn *Brown-Sequard* aus diesem durchaus nicht auffallenden Umstande schliesst, dass aus den Nervenwurzeln mehr Fasern nach hinten als nach vorn ausstrahlen. Die Sache würde sich selbst so verhalten, wenn nur *sehr wenige* Fasern nach hinten gingen.

β) Die Hinterstränge als selbständige Leitungsbahnen. — Analgesie. — Van Deen glaubte bei Fröschen das Rückenmark mit Ausschluss der Hinterstränge durch einen queren Einstich nahe der Dorsalfläche und einen von hier aus nach unten geführten Schnitt trennen zu können und er gibt an, dass nach dieser Operation Aetzung der Hinterfüsse mit Schwefelsäure noch deutliche Schmerzenszeichen hervorgerufen, dass aber alle willkührliche Bewegung verloren gegangen sei. Im Nachtrag seiner Schrift berichtigt er diesen Versuch durch den Ausspruch, dass wenn keine graue den Hintersträngen anhängende Substanz bei der Operation geschont worden sei, die Gefühlsleitung fast nicht mehr zu Stande komme.

Stilling, der die „hintere“ graue Substanz für den alleinigen Leiter des Gefühles (und wie wir sahen mit Unrecht) erklärt, hat sich zuerst mit voller Bestimmtheit darüber ausgesprochen, dass ein Querschnitt, der nur die weissen Hinterstränge übrig lasse, geradezu einer völligen Quertheilung des Rückenmarkes gleich zu achten sei.

Diese beiden Experimentatoren stimmen aber darin überein, dass ein Schnitt, der das Rückenmark bis zu einer gewissen Tiefe von vorn her trennt, die willkührliche Bewegung vernichten und die Empfindung übrig lassen könne. Hingegen ist es mir in meinen Versuchen an Fröschen nicht möglich gewesen, einen solchen Schnitt auszuführen, der *alle* willkührliche Bewegung *dauernd* aufhob, wenn Empfindung noch fortbestand. Ich bemerke indessen, dass es gar nicht ausführbar ist, durch einen einzigen Schnitt die graue Substanz ganz zu theilen und dabei die Hinterstränge zu schonen.

Vulpian und *Phillipeaux*, *Brown-Sequard* behaupteten übrigens nach derselben unzulänglichen Methode bei Säugethieren die ganze graue Substanz ohne Verletzung der Hinterstränge durchschnitten zu haben und glauben auch hier die Ansicht *Stilling*'s bestätigen zu können, dass die Hinterstränge unabhängig von der grauen Substanz auch keine Spur von Gefühl zum Gehirn leiten. Der ganze hinter der Verletzung gelegene Körpertheil schien ihnen völlig unempfindlich, mit Ausnahme eines oder zweier unmittelbar hinter dem Schnitte eintretenden Nervenpaare, welche noch durch die Brücke weisser Substanz einige Fasern schräg nach oben zu der *vor* dem Schnitte befindlichen grauen Substanz senden konnten. Auch sie betrachten nach diesen Versuchen die graue Substanz als den alleinigen Leiter des Gefühls im Rückenmarke, die weissen Stränge aber nur als Durchtrittspunkte für die auseinander strahlenden Nervenwurzeln.

Diese Ansicht ist irrig. Denn wenn man hoch oben an der Brust oder am Halse bei ätherisirten Säugethieren das ganze Rückenmark mit Ausnahme der möglichst zu schonenden weissen Hinterstränge durchschneidet, so sieht man in glücklichen Fällen, wenn man den Thieren Zeit zur Erholung gönnt, wie ich schon vor längerer Zeit mitgetheilt, dass auch Theile, die vom Schnitte sehr weit nach hinten liegen z. B. der Schwanz oder die Hinterfüsse, *eine sehr deutliche Empfindung bewahren.*

In neuerer Zeit habe ich diesen Versuch so ausgeführt, dass ich von oben her in das Rückenmark zur Seite der Hinterstränge zwei gerade unterhalb der letzteren sich kreuzende, also schief nach unten und nach der entgegengesetzten Seite gerichtete Einstiche machte, und mit der nach aussen gewendeten Schneide des Messerchens jederseits den ganzen durch den Stich von den Hintersträngen abgetrennten Theil des Markes durchschnitt. Ich wählte zu diesen Versuchen stets halberwachsene möglichst gleich grosse Kaninchen, und ein in Chromsäure gehärtetes, an der zu operirenden Stelle quer durchschnittenes Rückenmark eines ähnlichen Thieres diente mir als Modell, um nach der Lage der Hinterhörner der grauen Substanz die Richtung zu erkennen, in welcher ich die Messer einstossen musste Nach dem Tode wurde die operirte Stelle des Markes mit den Membranen vorsichtig herausgeschnitten und in Chromsäure gelegt, um erst nach Verlauf einiger Zeit untersucht zu werden. Alle Versuche, in denen den Hintersträngen noch graue Substanz, die durch die Wirkung der Chromsäure sehr leicht erkennbar ist, anhaftete, wurden natürlich eliminirt. In den gelungenen Versuchen war das äusserste seitliche Segment der Hinterstränge selbst verletzt worden, dies kann aber selbstverständlich meine Schlüsse nicht beeinträchtigen.

Eine von meiner jetzigen etwas verschiedenen Methode, die ich früher auch bei grösseren Säugethieren anwendete, siehe Comptes rendus 1854.

Es hat sich nun herausgestellt, dass wenn man einem Kaninchen auf die angegebene Weise die graue Substanz vollständig durchschneidet und nur die Hinterstränge als leitende Verbindung übrig lässt, in allen hinter dem Schnitt gelegenen Theilen ein sonderbarer Zustand auftritt, den man früher schon in manchen Krankheiten bei Menschen beobachtet, und als *Analgesie* bezeichnet hatte. Es bleibt nämlich allen Theilen die Fähigkeit, die einfache Berührung zu empfinden, während die Möglichkeit gänzlich erloschen ist, durch tiefere Eingriffe jeder Art Schmerzgefühle in denselben hervorzurufen.

Analgesie ist ein Zustand, den man unter Anderen bei vielen Personen in einem vorgerückten Stadium der Aetherbetäubung beobachtet hat, und der hier vielleicht immer eintritt, und nur darum oft vermisst wurde, weil die Patienten nicht intelligent genug waren, um von ihren Gefühlen klare Rechenschaft zu geben. Der Betäubte fühlt genau die Hand des Chirurgen, die seine Glieder festhält, er fühlt wie das Messer auf seine Haut gesetzt wird, aber er hat durchaus keinen Schmerz während der Durchschneidung der Theile. Er fühlt die Erschütterung während des Absägens des Knochens und kann dabei mit angenehmen Traumbildern beschäftigt sein, welche vielleicht gerade durch diese Erschütterung selbst hervorgerufen oder geändert werden. Ein Patient, der sich im Aetherrausche einen Zahn ausziehen lässt, kann sich recht gut bewusst werden, dass so eben das Instrument an seinen Kiefer angestemmt wird, er fühlt das

Losreissen des Zahnes vom Zahnfleische, aber der Schmerz bleibt aus, es wird ihm nur das indifferente Gefühl des blosen Geschehens. Ein ähnlicher Zustand ist öfters (und zuerst von *Beau*) in der Belähmung beobachtet worden. Ein schweizerischer Arzt, *Vieusseux*, der an einer Krankheit des centralen Nervensystems litt, hat schon vor längerer Zeit an sich selbst die Bemerkung gemacht, dass er mit einer Hand tasten und den Puls fühlen konnte, welche Druck und Stiche durchaus ohne allen Schmerz ertrug. Nach dem Angeführten müssen wir hier überall annehmen, dass die Leitung nur ausschliesslich durch die *weisse* Substanz, ohne Vermittlung der grauen, geschehen konnte, und es wird Aufgabe der pathologischen Anatomie, gelegentlich diesen auf physiologische Versuche gegründeten Ausspruch zu prüfen [1]).

Gegen das Gefühl einer blosen Berührung verhalten sich die meisten Thiere, und vor allem Kaninchen, gewöhnlich ganz gleichgültig, und dies um so mehr, wenn eine vorhergegangene Operation ihre Lebhaftigkeit bedeutend herabgesetzt hat. Daher kommt es, dass ich früher nur in glücklichen Fällen bei scharfer Beobachtung die Leitung auf der Bahn der Hinterstränge bestimmt wahrnehmen konnte. Fehlt aber die erste Aeusserung bei der Berührung, übersieht man dieselbe, oder hält man gar die Thiere beständig fest und glaubt durch tiefe, schmerzerregende Eingriffe die Spuren der hier vorhandenen Sensibilität erst recht zum Vorschein bringen zu können, so ist es nicht zu verwundern, dass man mehrfach zu dem Schlusse gelangte, dass die Hinterstränge ohne die graue Substanz des Leitungsvermögens ganz entbehrten.

Mit vereinzelten vagen und mehr zufälligen Wahrnehmungen durfte ich mich aber durchaus nicht begnügen. Ich muste eine Methode aufsuchen, die hier vorgetragene Lehre durch ein evidentes und bei gehörigem Verfahren niemals versagendes Experiment zu bewähren. Und dies gelang mir gerade bei Kaninchen, die gewöhnlich gegen Berührung fast gar nicht uud nur auf heftige Eingriffe deutlich reagiren.

Es handelte sich nämlich darum, die Thiere in einen Zustand zu versetzen, in welchem die Wirkung einer blosen unvermutheten Berührung sehr gesteigert würde. Strychninvergiftung konnte hier nicht angewendet werden; denn der Effect der Berührung dauert hier zu lange, und ist keiner deutlichen Steigerung fähig, so dass man bei dieser Methode nie ein Urtheil darüber bilden konnte, ob das Thier *nach* der Berührung auch noch eigentlichen *Schmerz* empfindet, wenn der Eingriff weiter geht. Die Wirkung, die ich zu erzielen trachtete, musste im Gegentheil eine zwar deutliche, aber nicht auf's relative Maximum gesteigerte und besonders eine solche sein, die bei noch fortdauernder Berührung mit der ersten Ueberraschung schnell vorüber geht.

Einen solchen Zustand des Nervensystems, in welchem der Effect der blosen Berührung ungemein gesteigert ist, zeigen bekanntlich sehr oft Menschen, welche nach grosser Ermüdung eben im Begriffe sind einzuschlafen. Der leichteste Hautreiz lässt sie erschreckt zusammenfahren. Aehnlich ist die Wirkung bloser Tasteindrücke in manchen Zuständen grosser Schwäche des Nervensystemes, und nach reichlichem Blutverluste durch Verwundungen oder innere Hämorrhagien wurde manchmal, ehe noch sogenannte spontane Krämpfe ausbrachen, eine solche Steigerung der Reflexthätigkeit beobachtet, dass eine leichte Berührung, ein schwacher Kitzel, eine Besprengung der Haut mit Wasser plötzliches Zusammenschrecken, heftige Bewegungen und selbst Convulsionen hervorrief. Es war also meine Aufgabe, bei meinen Thieren einen derartigen Erregungszustand des Nervensystems vor dem Versuche künstlich herbeizuführen, und absichtlich hervorgerufene Blutverluste schienen hierzu das einfachste Mittel.

Diese Methode glückte. Wenn ich bei Kaninchen eine mässig-rasche reichliche Blutung erzeugte, so geriethen sie bald in eine Art schlafsüch-

[1]) Vgl. *Weber* in Wagners Hdwrtrb. III. Art. Tastsinn und Gemeingefühl, p. 565.

tigen Zustandes, in welchem sie, sich selbst überlassen, den Kopf sinken liessen und die Augen schlossen. Sowie man jetzt vorsichtig ihre Hinterfüsse, den Bauch oder irgend einen andern Körpertheil berührte, öffneten sie sogleich die Augen, bewegten die Ohren, die Athmung wurde für kurze Zeit beschleunigt, die Excursionen der Barthaare beim Athmen wurden beträchtlicher. In noch höherem Stadium der Erregbarkeit erhoben sie den Kopf und bewegten sogar in einigen Fällen die Vorderfüsse. Alle diese Reflexe begleiteten nur den ersten Moment der Berührung; setzte man diese aber fort, so senkte sich der Kopf wieder allmählich, indem sich die Augen langsam schlossen und die frühere Ruhe trat ein. Wenn man, während der Finger auf der ersten Stelle immer liegen blieb, jetzt einen andern Punkt der Haut berührte, so traten augenblicklich die erwähnten Erscheinungen von Neuem ein. Wiederholte man aber die Berührung zu oft nacheinander, so schwächten sich die Symptome und blieben bald aus. Vermuthlich wurden sie nur so lange hervorgerufen, bis das Thier, an die Berührung gleichsam gewöhnt, von derselben nicht mehr überrascht war. Heftigere Eingriffe erregten auch bei diesen Thieren je nach ihrem Grade die bekannten Schmerzenszeichen. Aehnlich einer plötzlichen Berührung wirkte übrigens auch eine selbst schwache Erschütterung des Tisches oder des Zimmers, die man daher möglichst zu vermeiden suchen musste. Auch die Erschütterung, wenn sie länger dauerte, verlor ihren Effect, so dass das Kaninchen, welches bei anhaltemdem Schütteln des Tisches wieder eingeschlafen war, sogleich die Augen öffnete und schneller athmete, wenn man jetzt rasch seine Zehen berührte.

Es schien mir, als habe ein gleich rasch erfolgender Blutverlust den eben beschriebenen Zustand um so eher zur Folge, wenn das Blut direct den Venen des Wirbelcanales entzogen wurde, und es war hierdurch ein Weg gegeben, den ganzen Versuch sehr zu vereinfachen. Ich brauchte nur bei Blosslegung des Rückenmarkes und Durchschneidung der ausser Thätigkeit zu setzenden Theile weniger vorsichtig zu sein, einige Wirbelvenen zu verletzen und die Blutung so lange durch Abwaschen mit dem Schwamme zu unterhalten, bis der gewünschte Grad von Erschöpfung eingetreten war; bis das Thier, wenn man es auf die Seite legte, den Kopf sinken liess und die Augen schloss. Die Operation, durch welche ich das ganze Rückenmark mit Ausnahme der weissen Hinterstränge durchschnitt, wurde gewöhnlich am unteren Theile des Halsmarkes ausgeführt. Die Bewegungen am Kopf, das plötzliche Erheben desselben, welches eine leise und vorsichtige Berührung der Hinterfüsse oder des Bauches, ja oft ein Anblasen dieser Theile mittelst eines langen Tubulus, zur Folge hatte, musste daher als wirkliche Gefühlsleitung durch die Hinterstränge aufgefasst werden. Kaninchen sowohl als Meerschweinchen benahmen sich nach der Operation, so lange man sich auf einfache Berührung der Hintertheile beschränkte, ganz wie die eben beschriebenen, die durch blosen Blutverlust erregbarer gemacht waren. Niemand hätte, nach diesen Erscheinungen allein zu urtheilen, Anstand genommen, den Thieren einen hohen Grad von Steigerung der Empfindlichkeit zuzuschreiben.

Um so auffallender war aber, dass wenn man etwa die Ferse des Thieres mit zwei Fingern leise berührt und die Wiederkehr der Ruhe des rasch auffahrenden Thieres abgewartet hatte, man jetzt, wenn man alle weitere Erschütterung vermied, mit den Nägeln tief durch Haut und Weichgebilde hindurch bis auf den Knochen eindringen konnte, ohne dass das Thier es im geringsten zu bemerken schien. Kein Zucken der

Augenlider, kein rascherer Athemzug deutete auf irgend eine schmerzliche oder ungewöhnliche Empfindung hin. Ja sogar der sonst so sehr empfindliche Schwanz der Kaninchen konnte, wenn man den Effect der ersten Berührung abgewartet, durch und durch zerquetscht werden, ohne dass die aufmerksamste Beobachtung irgend eine Aeusserung von Sensibilität beim ruhig fortschlummernden Thiere bemerkte. Wenn man aber, während man mit den Nägeln der einen Hand den Schwanz oder einen andern Theil langsam zerquetschte, nur mit den andern Fingern irgend eine Hautstelle am Fusse des Thieres leicht berührte, gab dasselbe sogleich die unzweideutigsten und auffallendsten Zeichen von Empfindung. Wurde eine Hautfalte in die Höhe gehoben, so reagirte das Thier, aber es blieb regungslos, wenn man darauf die Hautfalte durchschnitt oder zwischen den Armen einer stumpfen Scheere zwickte. Diese Beobachtungen wurden mit kleineren oder grösseren Zwischenzeiten oft mehrere Stunden hindurch stets mit demselben Erfolg wiederholt. Die Unempfindlichkeit und die absolute Gleichgültigkeit gegen Schmerz stand im auffallendsten Contrast mit der so sehr gesteigerten Wirkung der blosen Berührung, oder des Anblasens der Haut. Es waren ganz und gar die Symptome der *Analgesie.*

Die Berührung wirkt hier auf keinen Fall, ohne selbst wirklich empfunden zu werden, durch einen, wenn auch minimalen Grad der Erschütterung, der sie den vorderen noch durch die graue Substanz mit dem Gehirne verbundenen Körpertheilen überträgt. Ich habe, um den hier ausgesprochenen Verdacht zu beseitigen, drei Versuchsreihen angestellt In der ersten wurde das Thier an einem Fusse gefasst und anhaltend mässig erschüttert, bis es sich ganz dagegen abgestumpft und wieder mit geschlossenen Augen zu seiner früheren Ruhe begeben hatte. Hier war die sichtbare Erschütterung des Thieres jedenfalls unendlich grösser als die unmerkliche etwa durch schwache Berührung entstehende. Trotzdem wirkte jetzt, während erstere stets noch unterhalten wurde, die letztere sehr auffallend, wenn sie den anderen Fuss traf.

In der zweiten Versuchsreihe wurde den Kaninchen an einer Stelle der Aussenfläche des Hinterschenkels die Haare abgeschoren und darauf brachte ich die Thiere in den Sonnenschein. Während sie hier mit geschlossenen Augen ruhig da lagen, wurde der Focus eines mächtigen Brennglases auf die geschorene Stelle geworfen. Hier wurde jede directe Berührung und mechanische Erschütterung des Thieres vermieden. Im ersten Moment des Brennens erfolgten die gewöhnlichen Erscheinungen des Berührens, aber sogleich trat wieder Ruhe ein, der Kopf senkte sich wieder, der Athem wurde langsamer, die Augen wurden langsam und allmählich geschlossen, während die Hautstelle tief einbrannte und verschorfte. Sobald ich aber das Glas bewegte und eine andere Hautstelle traf, erfolgten im ersten Momente wieder die Zeichen des angeregten Tastgefühles. Selbst schwache Reflexbewegungen des Gliedes, die während des Brennens erfolgten, schreckten das Thier nicht aus seiner Ruhe. Diese wurde aber sogleich unterbrochen, wenn ich, während die eine Hautstelle verkohlte, eine andere nur leise berührte. Auch eine von unten her einer Zehe genäherte Kerze lieferte analoge Erscheinungen. Das Brennen wurde nicht empfindlich, wenn das Glied auch verkohlte.

Eine dritte Art zu prüfen, ob die Berührung mechanisch eine Erschütterung bis zum Kopftheile fortpflanzte, bestand darin, einen Theil des Fusses durch vollständige Unterbrechung der Nervenleitung ganz und gar unempfindlich zu machen. Die Berührung der unempfindlichen Stellen blieb erfolglos, während die anderen die gesteigerte Reaction auf Tasteindrücke bewahrten.

Eine andere Frage ist, ob hier die Berührung nicht stets secundär wirkt, indem sie in allen Theilen hinter dem Schnitte unmerkliche *Reflexbewegungen* hervorruft, die von den zwei obersten noch mit der grauen Substanz jenseits des Schnittes direct communicirenden Nervenpaaren (siehe oben) empfunden, und so als sensible Eindrücke dem Kopftheile zugeleitet werden. Dies war schon desshalb unwahrscheinlich, weil dann tiefere Eindrücke, die *sichtbar* Reflexbewegungen

des Hintertheiles bewirkten, auch eine stärkere Wirkung auf den Kopf ausüben müssten, während gerade hier alle Wirkung fehlte. Indess habe ich auch hier directe Versuche gemacht, indem ich bei Meerschweinchen die zwei ersten Gefühlswurzeln hinter der Trennungsstelle des Rückenmarkes durchschnitt, ohne dass die Erscheinungen sich änderten.

Alle Gefühlsäusserung im Kopfe nach Reizung des Hinterkörpers hört natürlich auf, wenn man auch noch die übrig gelassene weisse Brücke des Markes durchschneidet, diese war mithin der einzig vorhandene Leitungsweg.

Aber nicht blos die *äusseren*, sondern auch die *inneren* empfindlichen Theile reagiren nach der besprochenen Operation auf blose Berührung und verlieren das Vermögen, Schmerz zu erzeugen. Der Hüftnerv eines Kaninchens wird blossgelegt; das Thier zuckt zusammen, wenn man ihn zwischen die Finger nimmt; aber wenn es sich beruhigt hat, kann man die während dessen festgehaltene Nervenstrecke zwischen den Nägeln zermalmen, ohne dass es das Thier merkt. Wenn man aber, während der Nerv stets fester und fester gequetscht wird, mit einer im Munde gehaltenen langen Röhre wider den Bauch des Kaninchens bläst, schreckt plötzlich der Kopf in die Höhe. Hat man den Nerven durch öfteres Befühlen wider Berührung abgestumpft, so kann man ihn jetzt brennen, durch chemiche Eingriffe anätzen, man kann ihn mit mehreren Nadeln durchbohren, ohne dass dies im Geringsten zum Bewusstsein kommt.

Diese frappanten Versuche beweisen zugleich, dass auch den *Stämmen* der Nerven und nicht blos ihrer Endverbreitung ein von schmerzlichen Eindrücken *verschiedenes* eigenthümliches Gefühl gegen Berührung zukommt. Dieses darf freilich kein Tasten genannt werden, weil die Lage des Nervenstammes ihn verhindert, sich darauf einzuüben, durch das Contactgefühl auf äussere Objecte zu schliesen.

Die beiden weissen Hinterstränge enthalten demnach Repräsentanten aller sensibeln Nerven des Körpers; es darf aber darum noch nicht mit *Schröder v. d. Kolk* bestimmt behauptet werden, dass alle sensibeln Nervenwurzeln bei ihrem Eintritt ins Rückenmark sich sogleich in zwei Partien spalten, von denen die eine, welche nach meinen Versuchen Schmerzeindrücke vermitteln würde, zu den Kugeln der grauen Substanz ginge, während die andere direct in den Hintersträngen aufsteigt. Denn es wäre auch möglich, dass, wie dies ebenfalls behauptet wurde, alle eintretenden Nervenfasern zunächst sich auf längerem oder kürzerem Wege mit Kugeln der grauen Substanz verbänden, und dass von den Ausläufern dieser Kugeln einer in die weissen Hinterstränge zurück liefe, um deren aufsteigenden Leitungsweg zu bilden, andere Ausläufer aber die Verbindung mit andern Zellen der grauen Substanz darstellten. Versuche lassen sich zur Entscheidung zwischen diesen beiden Annahmen nicht anstellen; es wäre aber möglich, dass die pathologische Anatomie später in dieser Hinsicht entscheidende Thatsachen liefern könnte.

Jeder weisse Hinterstrang führt *nur* die der Tastempfindung dienenden Nervenelemente *aus der ihm entsprechenden Körperhälfte.*

Dies wird leicht dadurch bewiesen, dass man, nachdem man am Halse das Rückenmark bis auf beide Hinterstränge zerstört und sich darauf von der Lebhaftigkeit des Tastgefühles auf beiden Seiten des Hinterkörpers überzeugt hat, nun noch den Hinterstrang einer Seite trennt. Diese Seite wird ganz gefühllos.

Während jeder Theil, jede Schichte der grauen Substanz, durch welche der Hinterkörper mit dem Kopf verbunden ist, das Gefühl aus allen Theilen, nur mehr oder weniger leicht und deutlich, nach oben zu leiten im Stande ist, besteht für die Elemente der Hinterstränge das Gesetz der *isolirten Leitung*. Dies erhellt daraus, dass wenn die letzteren theilweise verletzt sind, ein der Ausdehnung der Verletzung ent-

sprechender grösserer oder geringerer Theil des Körpers ganz unempfindlich wird.

Wenn sich die Verletzung auf einen Theil der äussersten Peripherie der Hinterstränge beschränkte, so fand ich die Zehen und die Sohlenfläche der Hinterfüsse ohne Empfindung.

Obschon es eine Reihe von pathologischen Beobachtungen an Menschen gibt, in denen bei angeblicher Zerstörung der grauen Substanz sensibele Eindrücke von den nach hinten gelegenen Stellen noch zum Bewusstsein gelangten, so habe ich diese Fälle doch nicht als Bestätigung der Lehre von der Leitungsfähigkeit der Hinterstränge aufführen wollen, weil die Untersuchungsweise keine Garantie dafür bietet, dass hier wirklich *alle* graue Substanz entartet war und nicht etwa blos die centrale, während die Hörner noch theilweise erhalten waren. Sollen solche interessante Fälle wirklich verwerthbar sein, so muss die Untersuchung im Leben die Tast- und Temperaturempfindung und die Fähigkeit der genauen Localisation der Eindrücke viel mehr berücksichtigen als dies bisher der Fall war, spontane excentrische Schmerzen in Folge des localen Krankheitsvorganges müssen von Hyperästhesie gegen Druck unterschieden und das Rückenmark muss nach dem Tode behufs einer genauen Autopsie in Chromsäure gehärtet werden.

h) Leitungsbahnen in der grauen Substanz.

Wir haben früher gesehen, dass *jede einzelne Schicht* in der ganzen *Dicke* der grauen Substanz das Gefühl vom Hinterkörper nach vorn zu leiten im Stande ist, und zwar von *allen* Punkten des Hinterkörpers. Jetzt erst, nachdem wir auch die Funktion der weissen Hinterstränge bei der Gefühlsleitung näher bezeichnet haben, kehren wir zur grauen Substanz zurück, um noch eine Reihe von Fragen zu stellen, die uns aus den bisherigen Erörterungen in Betreff ihres Leitungsvermögens erwachsen sind. Diese Fragen sind wesentlich folgende: 1) Ist nach Zerstörung der Continuität der Hinterstränge, wo, wie wir gefunden, eine sehr bedeutende Hyperästhesie auftritt, die graue Substanz nicht mehr im Stande, schwache Tasteindrücke nach dem Gehirn zu leiten, so dass sie, die unempfindliche, einzig und allein die *stärkeren* Schmerzeindrücke überträgt? 2) Inwiefern besteht, wenn die Hinterstränge unthätig geworden sind, durch die graue Substanz allein das Gefühl der bestimmten Localität der äusseren schmerzerregenden Eindrücke fort? 3) Leitet die graue Substanz nur, wie wir oben erkannt haben, in einer bestimmten Richtung nach oben gegen das Gehirn hin, oder erfolgt die Leitung in derselben auch nach der Seite und nach anderen Richtungen hin? 4) Gibt es eine Kreuzung der Empfindungsfasern im Rückenmark?

Nicht ihres logischen Zusammenhanges wegen haben wir hier diese Fragen vereinigt (mehrere hier einbegriffene hätten schon früher gestellt werden können), sondern weil die Versuche, die uns das Material zu ihrer Beantwortung liefern, wesentlich die nämlichen sind. Führen wir daher zunächst diese Versuche selbst auf, und betrachten wir die Veränderung der Empfindung, welche sie hervorbringen.

α) Querschnitt durch eine Rückenmarkshälfte.

Ist dieser Versuch, der am leichtesten in der Cervicalgegend anzustellen ist, gut und vollständig ausgeführt, so beobachtet man nach demselben Erscheinungen, welche sich, je nachdem das Thier im Ganzen erschöpft ist, je nach dem Blutverluste, je nachdem die andere Hälfte des Markes durch Zerrung oder andere Einflüsse mehr oder weniger mitgelitten, in der ersten Zeit ziemlich verschieden verhalten. Lässt man aber das Thier sich genügend erholen, was gewöhnlich nicht sehr lange Zeit, manchmal aber mehrere Stunden, in Anspruch nimmt, so zeigt sich:

1) *Alle* Theile hinter der Schnittstelle (mit Ausnahme derjenigen, deren Nervenwurzeln bei der Operation etwa direct getrennt werden), sind noch empfindlich, und zwar:

2) Die Körpertheile auf der Seite, deren Rückenmarkshälfte getrennt worden und die von hinter dem Schnitt abgehenden Nerven versorgt werden, zeigen auffallender Weise einen Anschein von Hyperästhesie. Dies bewährt sich für Säugethiere, Vögel und Frösche. Sie zeigt sich am stärksten bei Nagethieren, schwächer fand ich sie bei Hunden, Katzen und Ziegen, kaum vorhanden ist sie nach *Chauveau* bei Pferden, ein Ausspruch, mit dem die eigenen Experimente dieses Forschers nicht ganz im Einklang zu stehen scheinen.

Die Hyperästhesie ist in den ersten Minuten mässig, dann beginnt sie rasch zu wachsen und erreicht bald eine erstaunliche Höhe. Nachdem sie sich eine von einigen Stunden bis zu drei Tagen wechselnde Zeit auf derselben erhalten, nimmt sie wieder bis zu einem mässigen aber immer noch sehr leicht erkennbaren Grade ab. Auf diesem Grade aber erhält sie sich jetzt einige Zeit, dann nimmt sie von Neuem ab und an ihre Stelle tritt nach 1—3 Wochen eine etwas *unter* das Normale gesunkene Empfindlichkeit.

3) Der Hinterkörper auf der dem Querschnitte entgegengesetzten Seite kann in vielen Fällen Anfangs ganz gefühllos scheinen. Aber sehr bald stellt sich (wenn die zu verschonende Markhälfte bei der Operation nicht *bedeutend* mitgelitten hat) ein geringer Grad von Empfindlichkeit her, der schneller oder langsamer zunimmt. Bei den meisten Thieren aber bemerkt man, wenn man sich vor der Operation durch wiederholte Versuche eine Vorstellung vom Grade der Sensibilität der Hintertheile im Verhältniss zu der der Vordertheile verschafft hat, — dass die Empfindlichkeit auf der entgegengesetzten Seite stumpfer, und manchmal bedeutend schwächer — zurückbleibt, als sie vor der Operation war. Dies darf nicht der durch den operativen Eingriff bewirkten Schwächung allein zugeschrieben werden, denn man beobachtet dies Ergebniss noch nach mehreren Wochen, wobei es sich herausstellt, dass schon nach Verlauf einiger Tage die wiedererwachte Empfindlichkeit stationär bleibt, während die Bewegung auf beiden Seiten im kräftigen Thiere immer noch zunimmt. Auch dann, wenn die Zunahme der Beweglichkeit aufhört, bleibt die Empfindung auf dem schon früher erlangten Grade stehen.

Es kommen allerdings Thiere vor, bei welchen die Verminderung der Empfindlichkeit schwer, andere, wo sie gar nicht zu erkennen ist. Gar nicht zu erkennen vermochte ich sie, auch bei längerer Beobachtung, an Fröschen und vielen Vögeln; man wird dies aber nicht hoch anschlagen, wenn man bedenkt, wie schwer sich überhaupt eine — auch sehr grosse — Abstufung der Gefühlseindrücke bei diesen Thieren verräth.

Nicht zu erkennen war die Verminderung der Empfindung ferner bei einzelnen Thieren, die ich zu einer Zeit untersuchte, während welcher sich langsam eine Hyperästhesie auf dem dem Schnitt gegenüber liegenden Hintertheile ausbildete.

Es kommen nämlich, wie auch *Türk* bemerkte, Verhältnisse vor, unter denen auch die letzt genannten, Anfangs oft gefühllosen Theile, nach und nach hyperästhetisch erscheinen können. Z. B. wenn der andere Hinterstrang mitverletzt ist. Ist die Ursache, welche diese Hyperästhesie erzeugt, eine vorübergehende, z. B. heftige Reizcongestion, so

kann man später, wenn das Thier nur lange genug lebt, wieder eine Verminderung der Sensibilität unter das normale Maass erkennen. Während der Dauer der Hyperästhesie kann man sie, wenigstens bei Kaninchen, durch eigenthümliche Charaktere sehr leicht von der Gefühlssteigerung auf der Seite des Schnittes unterscheiden. Eine Anzahl von Thieren starb in den ersten 24 Stunden nach der Operation und da auch unter diesen sich einzelne befanden, bei welchen das Gefühl auf der dem Schnitte gegenüberliegenden Seite noch beständig zunahm und dem Grade nach meist nicht mehr vom normalen unterschieden werden konnte, so steht nichts entgegen, zu vermuthen, dass auch hier eine Hyperästhesie sich auszubilden im Begriff war. Schwer zu erkennen war die Verminderung des Gefühles oft bei Hunden und stets bei Kaninchen.

Unter allen Umständen, unter welchen bei Kaninchen, die einem Querschnitt durch eine Markhälfte gegenüberliegende Seite des Hinterkörpers hyperästhetisch wurde, fand ich, dass nur ein oder mehrere Male nach einer Ruhepause Gefühlsreize auf dieser Seite verstärkte Reactionen hervorriefen, dann stumpfte sich schon die Hyperästhesie ab, um sich einige Zeit nach Unterbrechung der reizenden Eingriffe wieder herzustellen. Auf der anderen Seite ist die Hyperästhesie auch nach oft hinter einander wiederholten Reizungen stets deutlich, und immer spricht sie sich ausserdem hier auffallend *stärker* aus, als auf der gegenüber liegenden. Ferner ist als dritter Unterschied hervorzuheben, dass bei Kaninchen nach Gefühlsreizen auf der Seite des Schnittes die Wirkung *sogleich,* auf der anderen Seite aber wie etwas *verspätet* erscheint.

Erwägen wir alle diese Verhältnisse, so dürfen wir wohl behaupten, dass ein Querschnitt durch eine Hälfte des Rückenmarkes die Empfindlichkeit der hinter ihm abgehenden Nerven der anderen Seite mehr oder weniger vermindert. Zwar tritt, wie wir gesehen bei lange überlebenden Thieren, nach Ablauf der primären Wirkungen der Verwundung auf der Seite des Schnittes eine ähnliche Abstumpfung ein (als reine Folge der Trennung des Zusammenhanges), aber eine genaue Vergleichung zeigte in allen Fällen, dass die Sensibilität hier nicht in dem Grade, wie auf der gegenüber liegenden Seite herabgesetzt war.

Die obigen Angaben sind alle nur auf solche Versuche gegründet, in denen die Section wirklich eine völlige Trennung des Markes bis zur Mittellinie nachgewiesen hat. Die meisten Versuche habe ich am Halsmarke gemacht, oder wenn ich die Thiere *sehr* lange erhalten wollte, am Lendenmarke. Die Operation am Halsmarke ist aber, weil man keine Knochen abzutragen braucht, in der ersten Zeit weniger gefahrvoll, wird aber in der Regel nach einigen Wochen tödtlich, nachdem die Heilung der äusseren Wunde schon abgelaufen ist. Bei der Operation am Lendenmarke hat man anfangs viel mehr, später aber gar nichts mehr zu befürchten. Den Schnitt mache ich mit einem gradrückigen bauchigen, sehr scharfen, in meinem Munde zuerst angefeuchteten und erwärmten Messerchen. Die Anfeuchtung ist nöthig, um das Ankleben der Markmasse und dadurch jede Zerrung zu verhüten. Nach dem Schnitte führe ich eine Nadel durch den ganzen Umfang der Markwunde, um etwa übrig gebliebene Brücken zu zerstören. Für Diejenigen, welche sich aus einem, im Hinblicke auf die Erscheinungen der neuesten Tagesliteratur nur allzusehr gerechtfertigten, Zweifel gegen die Genauigkeit meiner Angaben von den wichtigsten Folgen dieses in pathologischer Hinsicht so sehr interessanten Experimentes überzeugen wollen, rathe ich, junge Katzen zu wählen und am unteren Halsmarke im Raume zwischen den Wirbeln zu operiren. Schon ehe diese Thiere ganz vollkommen aus dem Aetherrausche wieder erwacht sind, zeigt es sich hier meistens, dass *beide* Hinterfüsse einen hohen Grad von Sensibilität bewahrt haben. Freilich hat man auch hier den Nachtheil, dass man stets den Hinterstrang der anderen Seite mit verletzt, weil hier die hintere Mittelfurche des Markes fehlt.

4) Bis jetzt haben wir die Schmerzempfindlichkeit nach Druck, Stichen u. s. w. betrachtet. Versetzen wir aber Kaninchen einige Zeit oder sogleich nach der Operation durch Blutverlust in den Zustand, in welchem sie auf blose *Berührung* der Füsse mit dem Kopfe zucken, also die Tastempfindlichkeit angeben, so wird man bemerken, dass dieselbe auf der „hyperästhetischen“ Seite des Schnittes verloren ist, die andere Seite aber (deren Sensibilität gegen Druck abgestumpft, ja nach einigen Schriftstellern verloren ist) *hat die Tastempfindung bewahrt.* Wird aber die Berührung nur etwas heftiger, so dass sie als leichter Druck wirkt, so kehrt sich das Maass der Reaction des Thieres für beide Körperseiten um, und es macht sich wieder die Hyperästhesie auf der Seite des Schnittes geltend.

Junge Katzen können in dieser Beziehung eine merkwürdige Wahrnehmung liefern, welche zu beweisen scheint, dass auch der Kitzel nur durch die in den Hintersträngen verlaufenden Tastnerven empfunden wird. Viele derselben reagiren nämlich gegen Kitzeln des Hinterfusses durch eine Reihe von Bewegungen. Man beobachte eine solche mehrere Tage lang und durchschneide ihr dann genau eine Hälfte des Rückenmarks am oberen Ende der Armanschwellung. Man kann nach einiger Zeit deutlich bemerken, dass Kitzeln nur vom Fusse der nicht operirten Seite empfunden wird. Auch an einzelnen jüngeren Hunden kann man dasselbe beobachten.

Ein Umstand, den schon *Stilling* bemerkte, scheint anzudeuten, dass auch bei Fröschen das Tastgefühl auf der Seite des Schnittes verloren ist. Sitzen unverletzte Frösche ruhig, so kann man, wenn man auch noch so vorsichtig verfährt, den Hinterfuss nicht in eine gestreckte Lage bringen, ohne dass er vom Thiere, das durch seine Tastnerven von der abweichenden Lagerung seiner Glieder benachrichtigt wird, sogleich wieder an den Bauch gezogen würde. Hat man aber eine Seite des Markes durchschnitten, so kann man den entsprechenden Hinterfuss vorsichtig abziehen und er bleibt dann gestreckt liegen, bis der Frosch sich zum Sprunge bereitet. Die Kraft der Bewegung hat in beiden Hinterfüssen nicht gelitten, auch nicht die Spannung der Muskeln, wie *Stilling* nach diesem Versuche vermuthet, wohl aber das Tastvermögen in der sonst hyperästhetischen Extremität. Am Fusse der anderen Seite gelingt dieser Versuch nicht.

5) Frösche, denen eine Hälfte des Markes durchschnitten worden, zeigen, wie *Türk* richtig bemerkt, eine Hyperästhesie der auf der entsprechenden Seite vor dem Schnitt gelegenen Theile. In neuester Zeit hat *Chauveau* dasselbe bei Säugethieren beobachtet. Diese Hyperästhesie ist bei allen Fröschen zwar vorhanden, stellt sich aber bei manchen erst einige Zeit nach der Operation ein, und nur daraus erkläre ich mir, dass *Türk* sie manchmal vermisste.

Bei Säugethieren (Kaninchen und Meerschweinchen) habe ich die Sache zwar oft sehr deutlich an einzelnen Theilen des Gesichtes, des Halses oder der Vorderextremitäten gesehen, aber dieses Verhalten ist durchaus nicht constant, und auch, wo es vorkommt, oft sehr vorübergehend, ohne dass ich etwas Näheres über dessen Bedingungen angeben könnte [1]).

Die *partielle Trennung* einer Rückenmarkshälfte hat in Betreff der Empfindung dieselben Folgen wie die totale, wenn der Schnitt den Hinterstrang und die graue Substanz vollständig theilt. Sind auch diese nicht ganz durchschnitten, so kann sich die Wirkung der Operation, wenn sie nicht sehr schonend und mit Zerrung ausgeführt ist, doch über die ganze Markhälfte und noch über sie hinaus erstrecken. Gewöhnlich aber ist der Erfolg mehr oder weniger unvollständig und vorübergehend. Am deutlichsten erscheint dann die Hyperästhesie auf der entsprechenden Seite, die aber auch, wenn der Hinterstrang verschont wurde, verhältnissmässig rasch verschwindet.

---

[1]) Vergl. jedoch den späteren Abschnitt über die Hyperästhesie.

β) Querschnitt durch eine Markhälfte mit Fortsetzung desselben über die Mittellinie hinaus.

Wenn man den Querschnitt, der eine Hälfte des Rückenmarkes trennt, noch *ein wenig* nach innen verlängert, so dass der innerste Theil der anderen Markhälfte mit durchschnitten wird, so sind, abgesehen von der Verletzung beider Hinterstränge, die Symptome wesentlich dieselben, wie bei der vorhin besprochenen Operation. Beide Körperhälften bleiben empfindlich und die auf der Seite des Schnittes ist anfangs hyperästhetisch. Dieser Versuch, den ich mehrfach bei Säugethieren gemacht, ist zuerst von *Van Deen* bei Fröschen mit demselben Erfolge angestellt worden.

Wählt man zum Versuche Katzen oder sehr junge Kaninchen, und operirt man an der breiten Armanschwellung des Rückenmarkes, so kann man, wenn man eine ganze Markhälfte (es sei beispielsweise die linke) durchschnitten hat, in der Höhe des Schnittes von der Mittellinie aus ziemlich *tief* noch in die rechte Markhälfte hineinschneiden, wenn man nur sehr vorsichtig und mit äusserst scharfen befeuchteten Instrumenten operirt, wird sich noch lange die Hyperästhesie der linken hinteren Körperhälfte und eine deutliche Empfindlichkeit in der rechten erhalten. Doch bemerkt man, wenn man etwa drei Viertheile der Breite des Rückenmarkes durchschnitten hat, dass die Hyperästhesie der linken Seite abnimmt und das Gefühl auf der rechten Seite viel stumpfer wird.

Ist man endlich noch weiter nach rechts gegangen, so dass die centrale graue Substanz fast ganz zerstört ist, und nur noch eine *äusserst schmale* Lage derselben am weitesten nach rechts übrig bleibt, so findet man, dass Drücken oder Kneipen des linken Hinterfusses immer noch Kopfbewegungen und Schreien des Thieres hervorrufen kann, rechts aber erzeugen Reize nur Reflexbewegungen in den Hintertheilen, die Leitung der Sensibilität ist *aufgehoben.*

Die noch ziemlich stark ausgesprochene Sensibilität auf der linken Seite erhöht sich noch etwas, wenn man die Thiere einige Stunden leben lässt, aber auf der rechten Seite, wo noch etwas graue Substanz erhalten bleibt, zeigt sich unverändert Anästhesie.

Es geht hieraus der für die Deutung mancher pathologischen Erfahrungen sehr wichtige Satz hervor, dass eine sehr schmale Schicht auf der *äussersten Rechten* der grauen Substanz Elemente führt, welche vorzugsweise, und, wie es scheint, *ausschliesslich* mit den sensibeln Nerven der *linken* Seite in leitender Verbindung stehen und umgekehrt.

Mehr nach innen aber liegen in der grössten Breite einer *jeden* Markhälfte Elemente, welche für die Leitung der Empfindung aus *beiden* Körperhälften bestimmt sind.

γ) Durchschneidung beider Markhälften in verschiedener Höhe.

Auch diese interessanten, für unseren Zweck sehr wichtigen Versuche sind zuerst von *Van Deen* (1838) an Fröschen ausgeführt. Sie wurden von *Stilling* (1842) und *Valentin* (1844) an denselben Thieren, von *Eigenbrodt* (1848), *Brown-Sequard* und *mir* an Säugethieren wiederholt.

Es hat sich hiernach zunächst für Frösche herausgestellt, dass wenn man die eine Rückenmarkshälfte über den Nervenursprüngen für die Hinterfüsse und etwas weiter oben die andere Markhälfte trennt, so dass also die Verbindung zwischen Vorder- und Hinterkörper nur durch den Abstand der beiden Schnitte in der Mittellinie hergestellt wird, nach einiger Zeit und oft sehr bald das anfangs abgestumpfte bewusste Gefühl

in den Hinterfüssen sich lebhaft wieder einfindet. Die Beständigkeit dieses Erfolges wird theilweise bedingt von der Grösse der Entfernung zwischen beiden Schnitten; die Empfindung kehrt *stets* und ganz unzweifelhaft nach allen Beobachtern wieder, wenn die Entfernung zwischen beiden Schnitten 3 oder 4 Wirbelhöhen beträgt.

Hingegen vermissten *Eigenbrodt* und *Van Deen*, nie aber *Stilling*, die Empfindung, wenn die Entfernung beider Schnitte nur eine Wirbelhöhe betrug. Ich habe mich überzeugt, dass diese Differenz hauptsächlich von dem Instrumente abhängt, mit dem man operirt. Ist das Messer sehr scharf, so kehrt bei Fröschen die Sensibilität auch bei geringer Distanz beider Schnitte zurück, im anderen Falle aber nicht.

Jedoch, und dies ist für die theoretische Deutung des Versuches von Wichtigkeit, ist der Erfolg *nicht* abhängig von der *Stelle* des Rückenmarkes an der man operirt. Mag man in verschiedenen vergleichenden Versuchen an Fröschen den unteren Schnitt am vierten, dritten oder zweiten Wirbel anbringen und den oberen Schnitt demgemäss stets um einen Wirbel höher, in allen Fällen kann die Empfindung sehr lebhaft und ohne bemerklichen Unterschied in beiden Hinterextremitäten auftreten, in allen Fällen kehrt die Sensibilität nicht blos an gewissen, nach dem Ort der Verletzung verschiedenen Punkten der Hinterfüsse zurück, sondern stets überall in der ganzen Ausdehnung derselben. Auch meine Vorgänger, die freilich den Versuch immer nur an *derselben* Rückenmarksstelle wiederholten, haben nirgends bemerkt, dass sich die Sensibilität je auf eine bestimmte Stelle des Hintertheils begränzt hatte.

Bei Säugethieren sind die Versuche von *Eigenbrodt* ganz unglücklich ausgefallen, was offenbar an seiner, wahrscheinlich mit zu grossem Blutverlust verbundenen Operationsmethode liegt, *Brown-Sequard* und *ich* konnten jedoch auch hier, besonders wenn beide Schnitte weit von einander entfernt waren, positive Ergebnisse erlangen. Der Erstere sah nur in manchen Fällen die Empfindung zurückkehren und dieselbe stets schwach bleiben, ich aber konnte bei sehr schonendem Verfahren, wie ich schon 1853 angegeben, auch hier die Ergebnisse von *Van Deen*, wenn auch nicht ganz so auffallend wie bei Fröschen bestätigen. Bei vier bis sechswöchentlichen Kaninchen, die ich, um die Blutung durch rasche Gerinnung möglichst zu beschränken, einige Tage vor dem Versuche mit Hafer fütterte, konnte ich es in einigen sehr gelungenen Fällen sogar so weit bringen, dass das Hinterbein, welches dem höher gelegenen Querschnitt entsprach, sich hyperästhetisch verhielt.

Selbst wenn beide Querschnitte die Mittellinie etwas überschreiten, so kann, wie ich sah, noch Gefühlsleitung stattfinden.

δ) Durchschneidung der oberen und unteren Markhälfte.

Wir haben schon oben gesehen, dass jede Schicht aus der Dicke sowohl der oberen (hinteren) als der unteren (vorderen) grauen Substanz Empfindung von allen hinter dem Schnitt gelegenen Theilen zum Kopf zu leiten vermag. Hier aber, wo es sich darum handelt, Material zur Beantwortung der Frage nach der isolirten Leitung im Rückenmark zu gewinnen, wird es von Wichtigkeit, zu erfahren, ob ein Rückenmark noch Empfindung leitet, welches an einer Stelle in seiner ganzen Breite von vorn her bis zur Mitte seiner Höhe oder etwas weiter hinaus und mehrere Wirbel höher von hinten her auf dieselbe Weise eingeschnitten ist. Ich habe diese schwierigen Versuche sowohl an Fröschen als an Säugethieren angestellt und es gelang in mehreren Fällen die Wiederkehr der Empfindung an allen Stellen der Hinterfüsse nachzuweisen.

ε) Längstheilung des Rückenmarks in zwei Seitenhälften.

Theilt man das ganze Rückenmark und das verlängerte Mark eines Frosches vorsichtig in der Mittellinie vom sogenannten kleinen Gehirn an bis ans Ende, so dass zwei gleiche Seitenhälften entstehen, und lässt das Thier sich vom tiefen Eingriff erholen, so haben nach *Valentin* (de function. nervor. pag. 99) ein galvanischer Reiz und nach *Stilling* (Rückenmark pag. 83) ein mechanischer oder chemischer Reiz, der eine Hinterpfote trifft, Bewegungen in dieser, in der entsprechenden Vorderpfote und oft in den Extremitäten der anderen Seite und im Kopfe zur Folge. Entfernt man jetzt das Gehirn, so bleiben, wie *Valentin* gesehen, die Folgen des Reizes natürlich nur auf die erregte Seite beschränkt.

Blieb aber auch irgend ein Theil des Rückenmarkes, sei es oben, oder in der Mitte, vom Längenschnitt verschont, so wird die hierdurch zwischen den beiden Markhälften entstehende Brücke, selbst beim enthaupteten Thiere, nach Reizung eines Hinterfusses Bewegungen auch in den beiden Extremitäten der anderen Seite zur Folge haben. Dies hat schon *Volkmann* (Müller's Archiv 1838, pag. 21) gesehen, *Valentin* (l. c.) hat es bestätigt.

Erstreckt sich die Längstheilung nur über den hinteren Theil des Rückenmarkes, so dass sie aber von der „cauda equina" her bis über die Ursprungsstellen der Fussnerven reicht, so entstehen *jedesmal* (Stilling l. c. pag. 84) Zeichen heftiger Schmerzempfindung im Kopfe und den vorderen Extremitäten, wenn man einen Tropfen Essigsäure auf einen Hinterfuss fallen lässt. Dies konnte ich in eigenen Versuchen bestätigen, und ich habe bei *Vögeln* nach derselben Operation ein analoges Verhalten gegen mechanische Reize beobachtet.

Bei den so sehr empfindlichen *Säugethieren* ist eine so eingreifende Operation natürlich mit viel geringerer Hoffnung auf Erfolg auszuführen und wir müssen uns hier nach partieller Längstheilung des Markes mit *Spuren* wiederkehrender Sensibilität begnügen, und dies können wir um so eher, als bei der grossen Uebereinstimmung, welche die Anatomie und die bisher besprochenen Versuche im Rückenmark der Wirbelthiere wahrnehmen liessen, die Ergebnisse am Frosch allein schon genügen könnten. Je dicker das Rückenmark eines Thieres, um so grösser die Fehlerquellen bei der mittleren Längstheilung.

Oré (von Bordeaux) hat in der That nach Längstheilung des Rückenmarkes bei Säugethieren in den entsprechenden Gliedern noch geschwächte Aeusserungen von bewusster Schmerzempfindlichkeit bemerkt. (Comptes rend. de la soc. de Biologie V, pag. 302.)

Ich hatte ebenfalls bereits früher beobachtet, dass wenn man bei Hunden das Rückenmark in einer Strecke von 4 bis 5 Centimetres in der Mittellinie spaltet, sehr bald deutliche Empfindlichkeit der Hinterstränge im Niveau der Spalte zurückkehrt. Doch konnte ich dies nur in glücklichen Fällen bemerken.

Diesen positiven Ergebnissen gegenüber glaubt *Brown-Sequard* nach seinen Versuchen bestimmt die Rückkehr aller Empfindung im Niveau der Längsspaltung des Rückenmarkes läugnen zu können, wenn letztere eine Strecke von mehr als 2 bis 3 Centimetres umfasse. Er glaubt auf dieses Resultat, welches er für eine Bestätigung der von ihm behaupteten Kreuzung der sensibeln Fasern in der Mitte des Markes ansieht, um so mehr Gewicht legen zu können, als die Rückkehr der Bewegung an der betroffenen Stelle beweise, dass hier keine Nebenverletzung der getrennten Markhälften durch Druck, Zerrung u. s. w. im Spiele sei.

Allerdings sind die Bewegungsfasern im Rückenmarke durch jede mechanische Beleidigung, die dasselbe im *Ganzen* trifft, viel leichter in ihrer Function

zu stören, als die empfindenden, wie ich dies bereits selbst vor mehreren Jahren hervorgehoben. Dies findet aber auf die Operation der Längstheilung keine Anwendung; wie man leicht zugestehen wird, wenn man bedenkt, wie sehr schwach angedeutet bei den meisten Säugethieren die hintere mittlere Längsfurche ist (die sogar den Katzen ganz fehlt), während zwischen den vorderen bewegenden Theilen eine geräumige *breite* Längsspalte existirt. Hinten wird also das Messer die Theile des Markes direct berühren und mechanisch aus einander drängen. Bei den oft nicht ätherisirten Thieren in den Versuchen *Brown-Sequard*'s musste das Mark hier nothwendig theilweise verletzt werden, während sich nach vorn das Instrument frei im Zellgewebe der Längsspalte bewegen kann.

Auf diese Weise ist es leicht, diese von *Brown-Sequard* aufgefundenen Thatsachen zu erklären, die übrigens nicht einmal so ganz neu sind, da schon im Jahre 1823 *Fodéra* nach Längsspaltung der Lendenanschwellung bei einem Kaninchen vollständigen Verlust der Empfindung, nicht aber der Bewegung, bemerkte (Journ. de Physiol. III. pag. 199). Interessanter sind die Beobachtungen *Brown-Sequard*'s nach Längstheilung der Armanschwellung, da er ausser den eben angeführten, auf die vorderen Extremitäten beschränkten Symptomen Fortdauer (oder vielmehr frühere Wiederkehr) der Empfindung in den Hinterfüssen bemerkte. Ein ähnliches Verhalten habe ich schon nach *Quetschungen* des Markes gesehen. Dies scheint dadurch erklärt werden zu können, dass die an jeder Stelle des Markes *eintretenden* Nerven noch als Wurzeln in den vulnerableren äusseren Theilen enthalten sind, und eine Beleidigung der letzteren ihre Wirksamkeit aufheben muss. Die Fortleitung der vom Hinterkörper kommenden sensibeln Eindrücke ist aber im Inneren der grauen Substanz an gar keine bestimmte Schichte oder Lage derselben gebunden, diese Fortleitung ist möglich, in welcher Höhe auch eine Brücke grauer Masse den Vorder- und Hinterkörper verbindet, und wir haben gesehen, dass bei der in Rede stehenden Operation die graue Substanz in der *vorderen* Markhälfte, die sehr gut Empfindung leitet, durchaus keiner Beeinträchtigung ausgesetzt ist.

Wir schliessen daher aus diesen Versuchen, dass eine Fortleitung der Empfindung in jeder einzelnen Rückenmarkshälfte für sich möglich ist.

ζ) *Die graue Substanz leitet auch nach hinten.*

Dies entnehmen wir aus Versuchen an Fröschen, denen mit einem scharfen Messer das Mark in der Mittellinie vom zweiten bis zum fünften Wirbel getheilt wird. Vom oberen Ende der Theilung führe ich dann einen zweiten Schnitt rechtwinklig durch *eine* Markhälfte nach aussen. Es entsteht so ein Lappen, welcher dem Eintritt von vier Nerven entspricht und der nur *nach hinten* mit dem übrigen Marke zusammenhängt.

Wenn ich jetzt dem Thiere lange Erholung gönne, so finde ich nicht in allen, aber in vielen Fällen (mehrere solcher Thiere habe ich 1852 der naturforsch. Gesellschaft in Frankfurt vorgezeigt), dass der am Lappen anhaftende Armnerv wieder bewusste Empfindung besitzt. Diese muss also im Lappen vom zweiten Nerven an nach hinten bis zum Ende des Längsschnittes und dann, die Richtung umkehrend, in der anderen Markhälfte nach vorn gegen den Kopf geleitet worden sein.

Durchschneidet man jetzt sehr vorsichtig auf dem Lappen im Niveau des vierten Nerven den weissen Hinterstrang, so bleibt die Empfindung im Armnerven erhalten. Dieselbe pflanzt sich also nicht im Hinterstrange, sondern in der grauen Substanz fort, mit deren Trennung die Sensibilität schwindet.

Diese Versuche sind, wie man leicht erkennt, nicht zu identificiren mit einigen anderen, welche *Brown-Sequard* (Gaz. médic. 1855. Nr. 42. pag. 657) an Säugethieren angestellt hat, und die auf einem ganz verschiedenen Principe beruhen. Bei den letzteren wurde nämlich nur ein relativ sehr kurzer Lappen von 1—3 Centimetres gebildet, um zu zeigen, dass in geringer Entfernung vom Eintritte eines Nerven die *weissen* Stränge die sensibeln Eindrücke nach vorn oder nach hinten führen.

Nachdem wir auf diese Weise ein Resumé des wichtigsten experimentellen Materials gegeben, wollen wir untersuchen, welche Schlüsse daraus für die Beantwortung der oben gestellten Fragen gezogen werden können.

Schon nach den Versuchen von *Stilling* und *Van Deen* war es klar, dass die graue Substanz nicht allein nach oben gegen das Gehirn, sondern auch, wenigstens in den Fällen, wo die Leitung nach oben an irgend einer Stelle unterbrochen ist, nach beiden Seiten, nach rechts und nach links, zu leiten im Stande ist. Dies ging aus den Experimenten hervor, in welchen, trotz zweier von einander entfernter Querschnitte, je durch eine Markhälfte, die Leitung nach dem Gehirn erhalten blieb.

Nach dem Vorstehenden kann aber auch die graue Substanz nach vorn und hinten in der Dicke des Rückenmarkes (ebenfalls durch zwei Einschnitte erwiesen) und nach unten gegen den Schwanz, sie kann also, wie es scheint, *allseitig* die Eindrücke fortpflanzen. Hingegen wurde die Leitung nach der Seite dadurch beschränkt, dass wir gesehen haben, dass die *äusserste* Schichte der grauen Substanz nach *rechts* nur Eindrücke von der *linken* Körperseite, nicht aber von der rechten aufzunehmen scheint und umgekehrt.

Sehen wir einstweilen von diesen sehr dünnen, am meisten zur Seite gelegenen Schichten ab, so erkennen wir ferner, dass die Leitung nach vorn nicht der ganzen Breite und die Leitung nach der Seite nicht der ganzen Höhe der grauen Substanz bedarf. So tiefe Schnitte wir auch in horizontaler oder verticaler Richtung oder in beiden Richtungen zugleich anbringen, wenn nur noch eine kleine Brücke grauer Substanz übrig bleibt, erfolgt die Leitung der Empfindung.

Aber durch den Wegfall einer so grossen Menge grauer Substanz, wie er in Folge der erwähnten Schnitte stattfinden muss, wird nur die Intensität der Empfindung geschwächt, ihre Mittheilung verlangsamt, aber eine genaue Untersuchung zeigte uns, dass hierdurch nicht etwa gewisse Theile des Hinterkörpers ihrer Verbindung mit dem Hirn beraubt würden, während andere sie noch erhalten haben, sondern jede Brücke aus der Höhe oder der Dicke, die wir ohne Verlust ihrer Leitungsfähigkeit mit unseren groben Instrumenten noch isoliren können, befördert in verschiedener Intensität — das Gefühl *aller* Theile des Hinterkörpers (oder bei seitlichen Schnitten einer ganzen Hälfte desselben) und wenn das Messer nur oft um ein Minimum weiter vordringt, haben alle Theile zugleich die bewusste Empfindung verloren.

Van Deen's und ***Stilling***'s Versuche konnten sich noch, wenn man einige gezwungene und wenig wahrscheinliche Annahmen zu Hilfe rief, mit der von diesen Forschern freilich verworfenen, aber auch jetzt noch nicht überall aufgegebenen Ansicht vertragen, dass im Rückenmarke eine ***isolirte Leitung*** bestehe, d. h. dass jedem eintretenden Nerven, oder zu einem Empfindungskreise gehörigen Nervencomplexe, eine oder mehrere Fasern des Rückenmarkes entsprechen, welche, obwohl durch Ganglienkugeln unterbrochen, zum Gehirn aufsteigen, um hier die dem Nerven angehörige peripherische Ausbreitung zu repräsentiren. Jeder Nerv musste wenigstens drei solcher Vertreter haben, einen für jede Markhälfte und einen oder zwei für die Kreuzung zwischen dem dritten und fünften Wirbel.

Wie die Sache jetzt steht, würde es nicht mehr für die Aufrechthaltung jener Hypothese genügen, von jedem Nervencomplexe auch noch eine Leitung nach hinten und eine in die vordere Markhälfte gegen die Wirbelkörper gehen zu lassen, denn nicht nur jede Hälfte des Markes, sondern jede Schicht leitet von allen Körperpunkten. Jede einzelne isolirbare Schicht der grauen Substanz müsste also der Quere wie der Dicke nach aus lauter Lagen zusammengesetzt

sein, deren jede Nerven für *alle* Körperpunkte enthielte, eben so viele Lagen müssten, um die Leitung nach hinten zu erklären, gegen den Schwanz gehen, um sich an einer Stelle umzubiegen und sich den anderen anzuschliessen. Wäre jede Faser des Markes auch noch 1000mal dünner als sie in der That ist, der Raum im Rückenmarke würde hierzu schwerlich mehr ausreichen.

Aber dies würde nicht genügen. Der Versuch, in welchem man den Ort der zwei Querschnitte durch je eine Markhälfte verändert, ohne dass die Leitung anfhört, würde noch eine neue Anzahl von Faserlagen erfordern, die ebenfalls allen Körpernerven entsprechend, an jedem Punkte, oder wenigstens in jeder Gegend in der Richtung der Quere und der Dicke des Markes sich kreuzten, und das Alles — für eine Hypothese.

Man sieht ein, die Ansicht von einer isolirten Leitung im Rückenmark, die man jetzt so eben in Frankreich neu aufzubauen bemüht ist, hat keinen Halt mehr. Was man früher nur für das Zustandekommen der Reflexe annahm, die *Mittheilung der Erregung einer Faser an eine andere*, muss auch für die *bewusste* Schmerzempfindung zugegeben werden.

Aber — und dies muss stets hervorgehoben werden — diese Fähigkeit der Mittheilung, trotz der grossen Ausdehnung, die wir sie nach allen Richtungen erlangen sahen, ist in der grauen Substanz keine unbegränzte, nur durch die blosse Contiguität bedingte. Nicht nur, dass — wofür die experimentellen Beweise gegeben sind, die ich aber oben anzuführen für unnöthig erachtete — ein Einschnitt, der die weitere Berührung der Ränder gestattet, gerade so wirkt wie ein Substanzverlust, auch das *normale* Nebeneinanderliegen kann — wenn uns nicht noch besondere anatomische Einrichtungen entgehen — nicht maassgebend sein für die Uebertragung.

Was diesen Satz begründet, ist, abgesehen von den bei Gelegenheit der Reflexbewegung besprochenen Verhältnissen, der Umstand, dass es uns durch sehr tief geführte Seitenschnitte möglich ist, die bewusste Empfindung in einer Körperhälfte allein aufzuheben, dass also die äusserste seitliche Schicht der ästhesodischen Substanz nur oder wenigstens ganz vorzugsweise das Gefühl der entgegengesetzten Seite leitet.

Die mikroskopische Untersuchung hat bis jetzt noch keine Art von besonderer Isolirung dieser äussersten Seitentheile nachgewiesen, obschon ihr ein solches Verhältniss wahrscheinlich nicht entgangen wäre. Jene äussersten Seitentheile liegen gerade so neben den anderen, wie die nächstfolgenden Schichten der ästhesodischen Substanz neben einander. Da nun diese letzteren alle den beiden Seiten des Körpers entsprechen, woher käme es, dass ein Eindruck, der von rechts kommt, der das rechte Centrum erregt, so mächtig er auch sei, die äusserste Rechte unberührt lässt?

Wir müssen also einen tieferen Zusammenhang der Leitungsbahnen annehmen, wenn ein Uebertritt erfolgen soll. In welchen Elementen wir diesen Zusammenhang vermuthen, haben wir schon früher angegeben, es sind die wechselweisen Verbindungen der ästhesodischen *Zellen* durch ihre vielfachen in verschiedener Richtung abgehenden *Ausläufer*.

Man hat bis jetzt die einzelnen Communicationen der letzteren noch nicht genauer verfolgt, und bei der grossen Zahl derselben, die sich überall in jedem Schnitte aus der grauen Substanz vorfinden, ist es schon für einen grossen Gewinn zu achten, dass es sich endlich immer bestimmter herausstellt, dass von jeder Nervenzelle Aeste nach oben, Aeste nach unten und andere in mehr querer Richtung gegen die entgegengesetzte Rückenmarkshälfte und endlich gegen die Vorderstränge hingehen, die alle mit benachbarten Ganglienkugeln anastomosiren. Wir wissen ferner, dass die Fortsetzungen aller hinteren Nervenwurzeln, in die ästhesodische Substanz gelangen, hier in Ganglienkugeln derselben Rückenmarkshälfte enden, um diesen die weitere Fortleitung zu überlassen.

Aber nichts steht bis jetzt der Annahme im Wege, dass die Kugeln, in welche die sensibeln Wurzelfaden ausgehen, *nicht* die am meisten seitlich gelegenen sind, dass nach aussen von diesen noch andere liegen, die sich durch ihre Ausläufer nur indirect mit den Nerven der *entgegengesetzten* Seite, gar *nicht* aber mit denen der *entsprechenden* verbinden.

Diese Annahme, für welche das Experiment zu sprechen scheint, würde die andere impliciren, dass es in der ästhesodischen Substanz *zwei gesonderte* Kugelfasernetze gebe, die, unter sich nicht oder kaum verbunden, sich im grössten Theile ihrer Querausdehnung einander decken und nur etwas verschoben an den äussersten Seiten sich wenig überragten. Das Kugelfasernetz der Nerven der linken Seite wäre um ein Minimum nach rechts verschoben, und das der rechten Seite nach links.

Durch die Existenz dieser beiden Netze würde es begreiflich, wie so irgend eine Veränderung oder Verletzung des Rückenmarkes eine ausschliessliche Anästhesie einer Körperhälfte erzeugen kann. Wäre z. B. die graue Substanz der rechten Markhälfte am Halse der Sitz einer Zerstörung, welche sich weit herüber in die graue Substanz der linken Markhälfte erstreckte, aber den äussersten Randtheil der letzteren verschonte, so hätten wir nach dem Ergebniss der Versuche eine Anästhesie der linken Körperhälfte mit Erhaltung des Schmerzgefühles auf der rechten Seite zu erwarten. Durch die grössere Ausdehnung der Erkrankung auf der am meisten veränderten (in unserem Beispiele rechten) Hälfte des Markes wird gewöhnlich hier auch die Leitung der Bewegung beeinträchtigt, so dass wir eine sogenannte *„gekreuzte Lähmung“* der Bewegung auf der einen, der Empfindung auf der anderen Seite vor uns haben.

Pathologische Fälle dieser Art sind nun wirklich vorgekommen, aber trotz des Erstaunens, welches sie erregten, existirt nur bei äusserst wenigen eine genaue Beschreibung der anatomischen Veränderungen des Rückenmarkes.

So hat *Monod* (Olivier, maladies de la mœlle, 3ième édit. Tome II. pag. 177) einen jungen Mann mit unvollständiger Bewegungslähmung des *rechten* Beines gesehen und gleichzeitigen vollständigen Verlust der Empfindlichkeit der *linken* Seite von der Brust abwärts bis zu den Fusszehen. Im unteren Brustmarke fand sich ein Bluterguss im Inneren der *rechten* Markhälfte, der hier die ganze graue Substanz in einen flüssigen braunrothen Detritus verwandelt, und selbst die weisse Marksubstanz dieser Seite sehr reducirt hatte, die braune blutige Infiltration reichte auch in die linke Hälfte der grauen Substanz herüber und erstreckte sich hier über den centralen Theil derselben, liess aber die linken Hörner und den äussersten linken Theil mit der weissen Substanz unversehrt. (Vergl. l. c. tab. IV. Fig. 7) Man erkennt die grosse Uebereinstimmung zwischen dieser Beobachtung und dem Resultate unserer Versuche.

Ausserdem existiren, meines Wissens, von Kranken mit ähnlichen Symptomen nur noch zwei Leichenöffnungen, die beide von *Oré* mitgetheilt worden.

In dem einen Falle ist die Sensibilität rechts sehr geschwächt, aber nicht vollständig verloren; links ist sie erhalten, aber die Bewegung fehlt und es findet sich ein Blutcoagulum im linken Cervicalmarke. Im anderen Falle geht rechts die Bewegung, links die Empfindung allmählich verloren und es zeigt sich eine Compression des Dorsalmarkes von rechts nach links durch eine schwammige Excrescenz der Dura mater. Diese beiden Fälle sind allerdings nicht so strict, wie der erste, weil bei solchen Compressionen es nicht möglich ist, genau die Gränze der lähmenden Einwirkung anzugeben. Indess ist es doch auch hier klar, dass auf derjenigen Seite, wo die Empfindung verloren war, der äusserste Seitentheil des Markes am wenigsten beeinträchtigt sein konnte.

Die von uns angenommenen beiden Kugelfasernetze, deren Existenz, nicht aber deren Sonderung, von der mikroskopischen Anatomie fast

sicher gestellt ist, erstrecken sich nicht nur auf die angegebene Weise der Quere nach durch die graue Substanz, sondern erfüllen dieselbe in der ganzen Dicke und *in allen Dimensionen*, so dass die Maschen der einen durch die Elemente der anderen ästhesodischen Substanz und der *kinesodischen* überall ausgefüllt sind. Diese Anordnung erklärt vollständig die Resultate aller im Eingange beschriebenen Durchschneidungsversuche und das Fortbestehen der bewussten Empfindung nach denselben. Jede einzelne Faser, die aus der ästhesodischen Substanz zum Gehirn gelangt, repräsentirt nicht ganz *ausschliesslich* eine bestimmte Gegend der entsprechenden Körperseite, da sie durch ihre Kugeln Verbindungen mit vielen, ja fast allen anderen Nerven derselben mehr oder weniger direct eingeht. Aber es ist wahrscheinlich, dass sie *vorzugsweise* derjenigen Stelle der Peripherie entspricht, deren Nerven mit den jener Faser angehörigen Kugeln am unmittelbarsten verbunden sind, und so wird es uns möglich, trotz der mangelnden Isolation der Leitung in einem *gewissen Grade* das Schmerzgefühl auf bestimmte Stellen der Peripherie zu localisiren.

Schwächere Affectionen des Gemeingefühles — und diesem ist ja, im Gegensatze zu den Hintersträngen, gerade die ästhesodische Substanz gewidmet — werden demnach vermuthlich nur auf dem directeren Wege zum Hirn geleitet und ihr Uebergang auf die noch vorhandenen Nervenleitungen geschieht gar nicht mit der Intensität, dass sie auch von hier aus das Gehirn merklich erregen könnten. Je stärker aber der ursprüngliche Reiz, um so mehr kann er auch in eine mit der Grösse der Entfernung — also der Complication des Weges — abnehmenden Energie die Nebenleitungen in Anspruch nehmen. In dieser Beziehung ist auf die den Pathologen längst bekannte Erfahrung aufmerksam zu machen, dass, je heftiger ein Schmerz, um so weniger genau localisirt er auftritt. Die Zahnärzte wissen sehr wohl, wie oft ihre Patienten sich in der Angabe des schmerzenden Zahnes täuschen, so dass nicht nur der nächste Nachbar des kranken Zahnes, sondern oft ein ganz entfernter aus derselben Reihe als Ausgangspunkt des Leidens angegeben wird. Ja Zähne aus der oberen Reihe werden mit denen der unteren verwechselt. Hier ist es doch offenbar, dass diese sogenannte Irradiation nichts gemein hat mit dem Zusammenfliessen der erregten Punkte *eines* Empfindungskreises. Je schmerzhafter ein Stich in den Arm oder in den Fuss, um so weiter im Umkreise erstreckt er seine Irradiationen. Ein Panaritium an einem Finger täuscht oft durch Schmerzen in der ganzen Hand, und eine genaue Beobachtung zeigt, dass es gar keine nichtirradiirenden heftigen Schmerzen gibt.

Nehmen wir an, dass es Organe im Inneren des Körpers gibt, deren sensible Nerven nicht oder nur in sehr geringer Zahl zum Gehirn gelangen, während die meisten derselben schon im Rückenmarke enden, so kann eine Verwundung oder ein krankhafter Zustand dieser Organe durch Reizung der ästhesodischen Kugeln ebenfalls Irradiationen des Schmerzes auf andere, zum Hirn leitende Spinalnerven bedingen. Es würde auf diese Weise nur irgend eine Irradiation, kaum aber der eigentliche Ausgangspunkt des Leidens zum Bewusstsein gelangen. Dies bemerken wir manchmal bei tiefen Erkrankungen der Eingeweide, der Ovarien u. s. w. Die ursprüngliche Erregung kann hier, ohne dass es der Patient bemerkt, Schwankungen der Intensität erfahren, welche sich dann nur durch eine wechselnde Ausdehnung der Irradiation auf die verschiedensten Körpertheile offenbart.

Die Verdeckung des Ausgangspunktes, die in den eben erwähnten Fällen *andauernd* ist, kann aber auch an äusseren, sonst sehr empfindlichen Theilen *von Zeit zu Zeit* auftreten, wenn durch die anhaltende Erregung der so erschöpfbaren grauen Substanz der directe Leitungsweg für einige Zeit abgestumpft wird, während die weniger stark erregten Irradiationsbahnen ihre Thätigkeit bewahrt haben. Wir bemerken dies oft bei Zahnschmerzen, wo das Leiden für einige Zeit den ursprünglich kranken Zahn zu verlassen scheint, um in den benachbarten nur um so merklicher fortzudauern. Diese Erschöpfbarkeit der grauen

Substanz erkannten wir besonders in den Experimenten, wo wir sie durch Einschnitte quantitativ vermindert hatten. Es lässt sich hier leicht nachweisen, dass nur die Verminderung der Quantität und die dadurch bedingte beständige oder stärkere Erregung *derselben* allein noch disponiblen Elemente die Erschöpfung bedingt, nicht aber die Verwundung oder sonstige Nebenumstände. Denn entfernen wir einem Kaninchen die Hinterstränge und durchschneiden wir ihm die Hälfte des Rückenmarkes, so werden beide Hinterfüsse sehr empfindlich erscheinen. Hätten wir aber hier z. B. auf der linken Seite die Durchschneidung gemacht, so wird die Empfindlichkeit des rechten Fusses, nicht aber die des linken, nach wenigen Reizungen schon sehr erschöpft sein und längerer Ruhe bedürfen. Die Leitungsbrücke für beide Hinterfüsse ist aber eine und dieselbe, war hier also denselben äusseren Einflüssen unterworfen und der Unterschied kann daher nur in der verschiedenen Zahl der leitenden Elemente liegen, die für beide Hinterfüsse in dem noch unverletzten Reste der grauen Substanz enthalten sind.

Irradiationen von Schmerzen kommen besonders häufig auf Theile vor, die sich schon von früher her in einem leidenden empfindlichen Zustande befanden. Wir dürfen nicht annehmen, dass die Irradiation diese *aufsuche*, denn dieselbe verbreitet sich nach ganz bestimmten Gesetzen in den Bahnen der grauen Substanz. Wenn sie aber vermöge der Verbindungen der Ganglienzellen in einer verschwindend kleinen, dem gesunden Nerven freilich nicht mehr bemerklichen Quantität, fast die *ganze* Ausbreitung des Markes ergreifen muss, so kann doch dies Minimum der Erregung eine viel empfindlichere, irgendwo im Marke befindliche Stelle noch sehr häufig schmerzhaft afficiren, so entfernt und so verschieden auch der Ausgangspunkt des Reizes ist.

Die Localisation der schmerzhaften Empfindungen, die bis zu einem gewissen Grade durch die graue Substanz allein möglich ist, wird in hohem Grade unterstützt durch die mit den Empfindungen des Gemeingefühls gewöhnlich verbundenen Tasteindrücke, die durch die weissen Hinterstränge mit strenger Isolation der einzelnen Bahnen geleitet werden. Aber mehr als ein *Unterstützungsmittel* zur genaueren Orientirung ist das Tastgefühl nicht, und es lässt sich nachweisen, dass bei Mangel desselben, Schmerzen noch richtig, wenigstens auf die *grösseren* Abtheilungen des Körpers bezogen werden. Hingegen liessen sich dann nicht mehr Stiche in den benachbarten Fusszehen von einander unterscheiden.

Wenn auch das Tastgefühl nicht zur Localisation der die graue Masse durchsetzenden Eindrücke in Bezug auf grössere Körperprovinzen erforderlich ist, so bleibt noch die Frage offen, ob bei *Verletzungen* eines Theiles der grauen Substanz und mangelndem Tastgefühl nicht, trotz der fortdauernden *Empfindung* in allen Theilen, in einigen die Wahrnehmung der *Oertlichkeit* aufgehoben ist. Dies scheint allerdings der Fall zu sein, wenn durch die Verwundung die *directeren* Leitungswege für gewisse Theile unterbrochen worden, aber eine definitive Entscheidung hierüber bleibt einer künftigen, durch die Physiologie geleiteten, pathologischen Forschung unterworfen. Versuche, die ich an Thieren mit verbundenen Augen hierüber anzustellen bemüht war, haben kein schlagendes Resultat geliefert. Schon *Van Deen* hat die bis jetzt von den Aerzten fast ganz übersehene Bemerkung gemacht, dass die *Gegenwart* der Empfindung nicht genüge, ihre normale Fortleitung zu beweisen, dass es vielmehr auf die genauere örtliche *Unterscheidung* ankomme.

Wir haben zwar oben bewiesen, dass die Hinterstränge, für sich allein und von der grauen Substanz vollkommen isolirt, nur Tasteindrücke leiten können und kein Schmerzgefühl zu übertragen fähig sind, hingegen sind wir damals den Beweis schuldig geblieben, dass die graue Substanz ohne die Hinterstränge nicht *auch* im Stande sei, das Gefühl der blossen Berührung zum Gehirn zu leiten. Jetzt sind wir durch die angeführten Versuche in den Stand gesetzt, wenigstens theilweise diesen letzten Punkt zu erledigen. Nach Durchschneidung einer Seitenhälfte

des Rückenmarks verschwindet, wie wir gesehen haben, das Tastgefühl in den hinter dem Schnitt gelegenen Theilen derselben Körperseite, während es auf der anderen erhalten bleibt. Die graue Substanz der entgegengesetzten Markhälfte kann also kein Tastgefühl der hinter dem Schnitte befindlichen Theile übertragen. Durchschneiden wir aber auf der rechten Körperseite statt der ganzen Markhälfte nur den Hinterstrang, so sind die Erscheinungen in Bezug auf das Tastgefühl ganz dieselben, *es geht rechts verloren, bleibt links erhalten.* Ebenso verhält es sich bei Katzen mit der Wahrnehmung des Kitzels an den Füssen.

Wir haben gesehen, dass wenn wir bei Kaninchen einen Fuss des Tastgefühles beraubt haben, indem wir eine Hälfte des Markes durchschnitten, es nur einer sehr schwachen Verstärkung der Berührung, eines sehr leichten Druckes bedurfte, um eine Bethätigung des hier verstärkten Gemeingefühls zu erwecken. Ich durfte daher bei diesen Thieren immer nur an *einer* Seite operiren, um die Stärke der ausgeübten Einwirkung an beiden Füssen vergleichen zu können. Nur so lange war ich sicher, die Gränzen der Tasteinwirkung nicht überschritten zu haben, als eine Berührung, die von dem weniger empfindlichen Fusse aus Bewegung im Kopfe hervorrief, am hyperästhetischen, aber seines Tastgefühls beraubten noch durchaus wirkungslos blieb.

Die jetzt gemachte Wahrnehmung, dass bei Katzen die eigenthümliche Wirkung des Kitzelns mit der Tastempfindung aufhört, erlaubt uns aber auch hier einen Versuch über die Wirkung der Durchschneidung *beider* Hinterstränge zu machen, welcher uns zu dem Schlusse führt, dass bei Katzen nach Trennung der zwischen den grauen Hinterhörnern gelegenen weissen Markmasse die Wirkung des Kitzels, und wahrscheinlich also auch das Tastgefühl, am ganzen Hinterkörper aufhört, wie dies bereits nach dem Effect einseitiger Durchschneidung vorherzusagen war.

Jüngere Katzen sind häufig an den Hinterzehen, ausserdem aber auch oft am After sehr leicht zu kitzeln. Wirkte ich, während die Katzen mit aufgehobenem Schwanze ruhig dastanden oder Milch tranken, auf diesen letzteren Theil ein, so bewegte sich der hintere Theil des Körpers rasch und einige Schritte im Kreise, oder das ganze Thier wich rasch seitwärts und der Schwanz wurde stets dabei nach hinten gezogen. Hatte ich nun einer Katze in der Höhe des letzten Dorsal- oder ersten Lendenwirbels die vereinigten Hinterstränge des Rückenmarkes etwa in der Länge eines Centimeters resecirt, so konnte das Thier nach wenigen Minuten wieder alle Bewegungen, Laufen, Springen, Klettern, fast ganz normal ausführen. Kitzelte ich jetzt den After sehr leise, so wurde der Schwanz sogleich, wenn auch schwächer als vorher, herabgeführt, die Bewegungen des übrigen Körpers blieben aber ganz aus. Ich schloss hieraus, dass die Schwanzbewegungen reine Reflexe vom Rückenmarke selbst seien, die trotz der mangelnden Gefühlsleitung noch hervorgerufen wurden. Und der Versuch bestätigte diese Vermuthung in so fern, als bei einer Katze nach *völliger* Durchschneidung des Cervicalmarkes Kitzeln des Afters immer noch Bewegungen des Schwanzes, aber keine der Füsse mehr zur Folge hatten. Reizt man aber die nahe gelegenen Genitalien, so kann man, besonders bei etwas reiferen Thieren, auch noch Zuckungen der Füsse hervorrufen.

Wir sahen hier trotz der Durchschneidung der Hinterstränge die so mannigfaltigen Bewegungen der Katzen immer noch in voller Regelmässigkeit erhalten. Dies deutet darauf hin, dass die Hinterfüsse stets mit solcher Kraft auf den Boden aufgesetzt werden, dass die ästhesodische Substanz genügt, das Gefühl der Berührung mit der Unterlage zu vermitteln.

Bei Fröschen kann man nach Durchschneidung beider weissen Hinterstränge die Hinterfüsse, wenn man sehr vorsichtig verfährt, ausstrecken, und sie werden erst vor dem folgenden Sprunge wieder angezogen. Also auch hier Verlust des Gefühls der Lage der Glieder nach Trennung der genannten Theile.

Wir kommen nun, um die Besprechung der Leitung in der grauen Substanz zu vollenden, zu der Erörterung der Frage, ob eine *Kreuzung der sensibeln Fasern* im Rückenmarke angenommen werden müsse. Un-

sere Antwort auf diese Frage, welche zum Theil vielleicht ihrer vermeintlichen Neuheit wegen, jetzt gerade zu so vielen Erörterungen Anlass gibt, ist eigentlich schon im Vorhergehenden enthalten. Nur um eine sogenannte Zeitfrage nicht scheinbar zu umgehen, und die Gründe anzuführen, auf welche die Anhänger der Kreuzung sich stützen, müssen wir hier noch ein Mal ausführlicher auf diese Sache zurückkommen, und dies geschieht am besten im Zusammenhange mit dem historischen Theile des Versuchs der Durchschneidung *einer* Markhälfte, den wir bis hierher aufgespart haben. Die *Resultate* dieser Operation, wie wir sie vielfach beobachtet, sind oben pag. 258 angegeben.

Der erste, welcher den Einfluss der Verletzung nur einer seitlichen Markhälfte auf die Empfindung untersuchte, ist *Fodéra* (von Palermo). Er machte keine vollständige Durchschneidung, sondern wollte nur die obere (hintere) Hälfte *einer* Seite des Rückenmarkes trennen. Da er aber augenscheinlich die Operation nicht gleichmässig und ohne weitergreifende Zerrung oder Dehnung ausführte, so ergaben sich verschiedenartige Resultate, unter denen hervorzuheben ist, dass er (Journal de Physiol. III. 1823. pag. 198. Versuch 6 und 7) das Gefühl auf der Seite des Schnittes erhalten sah, während es auf der anderen in den hinteren Theilen verloren war. Offenbar hatte sich also, nach dem was wir jetzt wissen, der Einfluss der Operation sehr tief in die andere Markhälfte erstreckt. Bei einem Meerschweinchen, bei dem er nur den hinteren Strang einer Seite trennen wollte, bemerkte er auch schon (l. c. pag. 200) die Hyperästhesie des entsprechenden Fusses.

Schöps (Meckels Archiv 1827) sah ebenfalls bei Vögeln, denen er eine Seite des Rückenmarkes verwundet oder durchschnitten hatte, das Gefühl unterhalb der Verletzung fortbestehen; aber glücklicher als sein Vorgänger hatte er auch stets die Erhaltung der Sensibilität auf der anderen Seite beobachtet. Nur in einem Falle sah er nach Durchschneidung der rechten Markhälfte das Gefühl im linken Hinterkörper sich vermindern.

Van Deen, *Stilling* und *Valentin* (1839—1842) haben aus ihren Versuchen an Fröschen mit Recht geschlossen, dass wenn man eine ganze Markhälfte durchschneide, oder den Schnitt sogar etwas in die andere Hälfte hinüberführe, beide Hinterfüsse sensibel bleiben.

Budge (Nervensystem 1842. II. pag. 155) machte den Versuch an Katzen. *Unmittelbar* nach der Operation sah er beide Seiten empfindlich, die operirte viel *weniger* als die entgegengesetzte. Er schliesst hieraus zuerst auf eine *theilweise Kreuzung* der Gefühlsfasern zwischen den beiden Hälften des Rückenmarkes.

Eigenbrodt bestätigte 1848 an Fröschen und Säugethieren wesentlich die Ergebnisse von *Van Deen* in Betreff des uns hier beschäftigenden Versuches „Wird", sagte er, „die fortbestehende Empfindung und Bewegung nur durch Nervenfasern vermittelt, so muss in der grauen hinteren Commissur eine Faserkreuzung bestehen." Er führt hierauf einige Resultate an, die für eine Kreuzung der sensibeln Fasern im Marke sprechen sollen. Uebrigens sind *Eigenbrodt's* Versuche alle ziemlich unvollkommen ausgefallen, weil er die Thiere nicht lange genug beobachtete. Indessen ist er der erste, welcher darauf aufmerksam macht, dass Querschnitte die Sensibilität eines Gliedes um so mehr beeinträchtigen, je näher sie dem Austritte seiner Nervenwurzeln liegen. *Stilling* hatte dies nur für die *nächste* Nähe der Wurzeln anerkannt Dieser Satz hat jedoch blos für die erste Zeit der Beobachtung allgemeine Geltung.

Jene Ansicht von einer Kreuzung der Gefühlsnerven im Marke wurde gegen Ende 1849 (Société de Biologie I. 1850. pag. 192) von *Brown-Sequard* aufgenommen und seitdem von ihm in zahlreichen Publicationen vertheidigt. Versuche über die Durchschneidung einer Markhälfte führten ihn, offenbar durch Beeinträchtigung eines Theiles der grauen Substanz der anderen Seite, zu demselben Irrthume, in den bereits *Fodéra* verfallen war, dass nämlich der gegenüber liegende Hinterkörper empfindungslos werde. Mit Recht hebt *Brown-Sequard* die Hyperästhesie der entsprechenden Körpertheile hervor, über die wir übrigens sogleich weiter sprechen werden. Wie bei der hier unläugbaren Einmischung

von zufälligen nicht im Plane des Experimentes begriffenen Verhältnissen zu erwarten war, hatten diese Versuche kein ganz constantes Resultat, denn in vielen Fällen fand *Brown-Sequard* die Empfindlichkeit der anderen Körperhälfte nicht verschwunden, sondern nur bedeutend herabgesetzt, häufig nur spurweise vorhanden. Nichtsdestoweniger nimmt er eine *vollständige* oder *fast* vollständige Kreuzung der Empfindungsfasern an, die sich beinahe gleich nach ihrem Eintritte durch die Wurzeln alle nach der Markhälfte der anderen Seite begeben sollten. Die von ihm beobachtete Fortdauer der Empfindlichkeit auf dieser von ihm „anästhetischen" genannten Seite erklärt er je nach ihrem Grade auf verschiedene und widersprechende Weise. Bei seiner gewöhnlichen Versuchsmethode (ohne Aetherbetäubung!) waren diese Empfindungszeichen höchstens schwach vorhanden, und er leitet sie dann von einer in vielen Fällen vielleicht nicht ganz vollständigen Kreuzung ab, indem er angibt, dass dann auch nur die unbedeutendste Weiterführnng des Schnittes in das Gebiet der anderen Markhälfte diese zurückgebliebene Empfindlichkeit stets *vollständig* verschwinden lasse! Wir haben gesehen, dass dies nicht richtig ist. In den Fällen aber, wo er sehr schonend und vorsichtig operirte, wo unter dem Einflusse einer hier angewendeten Narkose die Blosslegung des Markes besonders rasch von Statten ging, gesteht er zu, nach Reizung der „anästhetischen" Seite noch recht lebhafte Schmerzenszeichen wahrgenommen zu haben (Gaz. hebdom. 1855. pag. 655). Dies erklärt aber *Brown-Sequard* für eine Täuschung, indem die Schmerzen eigentlich auf der *anderen* Seite wahrgenommen würden. Die Reizung der anästhetischen Seite erzeuge nämlich Reflexbewegungen auf der anderen, welche in dem Grade hyperästhetisch sei, dass jede Bewegung hier schmerzhaft empfunden würde. Durchschneide man alle Gefühlsnervenwurzeln des Hinterfusses auf der hyperästhetischen Seite, so werde dann die *anästhetische* gegen Reize gleichgültig oder fast gleichgültig. Diese Theorie ist zu verwerfen. Nicht nur hat *Van Deen* schon bei Fröschen gefunden, dass nach einem Querschnitte durch das Mark die Durchschneidung *aller* Bewegungswurzeln beider Seiten hinter der Rückenmarkswunde die Empfindung in beiden Hinterfüssen unverändert bestehen lässt, (und bei Fröschen ist ein solcher Versuch ungleich sicherer als bei Säugethieren auszuführen); es lässt sich diese Ansicht auch direct bei Säugethieren widerlegen. Man durchschneide einem kräftigen etwas bissigen Hunde eine Hälfte des Rückenmarkes und nach einigen Tagen verbinde man ihm die Augen und kneipe den Fuss auf der unverletzten Seite. Das Thier wird mit dem Kopfe nach dem Hinterfusse der gereizten Seite fahren und nicht nach der anderen Seite, wie es nach *Brown-Sequard*'s Theorie sein müsste. Es weiss hier sehr gut den Hinterfuss vom Vorderfusse zu unterscheiden, aber auf der hyperästhetischen Seite scheint dies nicht so der Fall zu sein, wenn der Schnitt im Cervicalmarke angebracht war.

Ausserdem bemerkt man nach Reizung der angeblich „anästhetischen" Seite beim ruhigen Thiere oft Schmerzenszeichen ohne alle Bewegung in der anderen Körperhälfte.

Auf dieselbe Weise operirte Katzen weichen auf Reize *in der gehörigen Richtung* aus; und eine grössere Katze, die schon wieder kräftig umherlief, biss mir tüchtig in den Finger als ich im Sommer 1852 einigen Freunden die Fortdauer der Empfindlichkeit nach Kneipen des Fusses der unverletzten Seite zeigen wollte.

Brauchte es noch eines Beweises, dass die Thiere nach Hemisection noch recht gut auf der dem Schnitte entgegengesetzten Seite des Hinterkörpers nicht nur empfinden, sondern das Localgefühl vollständig gewahrt haben, so liegt er darin, dass Hunde, wenn sie nach Hemisection des untersten Cervicalmarkes wieder munterer geworden, am angeblich anästhetischen Schenkel wieder mit Schnauze und Zähnen nach Flöhen suchen, wie ich dies gesehen habe.

Solche Erfahrungen haben mich denn auch seit 1853 veranlasst, der *Brown-Sequard*'schen Auffassung des Verfallens der Empfindungsfasern im Marke entgegenzutreten.

Brown-Sequard führt zur Unterstützung seiner Ansichten noch seine Versuche über die Längstheilung des Markes an, welche die Sensibilität *immer gänzlich* aufheben soll, indem dabei die Gefühlsfasern gerade an der angeblichen

Kreuzungsstelle durchschnitten werden sollen. Gesetzt das Resultat von *Brown-Sequard* wäre richtig — was aber, wie wir gesehen, nicht der Fall ist — die Seitenhälften würden an sich, wie *Brown-Sequard* behauptet, gar nicht verletzt, so zeigt dieser *ausnahmlose* Erfolg einen Widerspruch mit denjenigen, in *Brown-Sequard's* neueren Arbeiten immer zahlreicher hervortretenden Fällen, wo die Kreuzung nur eine „nahezu vollständige" sein soll. Warum gestatten denn hier die nicht gekreuzten Fasern jeder Hälfte des längsgetheilten Markes nicht eben so einen Rest von Sensibilität, wie so häufig nach Hemisection mit vollständiger Schonung einer Seite?

Es ist an und für sich schon auffallend, dass die Natur in einem so fundamentalen Verhältnisse, wie es die Kreuzung der Gefühlsfasern sein müsste, sich so eine sonderbare Inconsequenz gestattet haben soll, indem sie nach *Brown-Sequard* bei derselben Thierspezies den Faseraustausch manchmal vollständig, manchmal unvollständig machte. Wenn aber nach demselben Forscher in den letzteren Fällen ein Schnitt durch das linke Brustmark, nur um ein *klein wenig* in das rechte verlängert zu werden braucht, um jede noch übrige Spur scheinbarer oder wirklicher Sensibilität am rechten Hinterfusse verschwinden zu machen, so geräth dies in einen anderen Widerspruch mit der Erklärung, die *Brown-Sequard* von der oft „anscheinend" grossen Empfindlichkeit des anästhetischen Fusses gibt. Diese soll nämlich durch schmerzende Reflexbewegungen im hyperästhetischen Fusse hervorgerufen werden. Aber die geforderte kurze Verlängerung des Schnittes beeinträchtigt nicht die Hyperästhesie und *fördert* eher noch die Reflexbewegung im Hintertheil, dennoch aber soll diese Verlängerung jeden *Anschein* von Gefühl im rechten Fusse gänzlich aufheben. Dem aufmerksamen Leser wird es nach dem früher Mitgetheilten übrigens klar werden, wodurch jene Verlängerung nach rechts die Sensibilität dieser Seite ertödtet und wie viel *Brown-Sequard* dabei die sich selbst gesetzten Gränzen durch mechanische Nebeneinwirkung überschritten hat.

Die Beweise, die *Brown-Sequard* für seine Kreuzung der Empfindungselemente im Rückenmark gibt, stehen und fallen mit der Annahme der Existenz einer isolirten Leitung. Diese war es auch, von der *Budge* und *Eigenbrodt* ausgingen, als sie sich für eine theilweise Kreuzung erklärten, und *Brown-Sequard* glaubt dieselbe jetzt als unläugbar hinstellen zu dürfen Nun figuriren unter seinen Argumenten für die Kreuzung gewöhnlich auch die Versuche mit Durchschneidung zweier Seitenhälften des Markes in einiger Entfernung von einander (siehe oben pag. 261). Hier müsste nach seinen Ansichten folgerecht alle Sensibilität der Hintertheile verloren gehen und so findet er es auch manchmal. Leider aber nur *manchmal*, denn oft erkannte er selbst noch schwache Empfindlichkeit in beiden Hinterfüssen. Er urgirt nun, dass dies nur Spuren von Gefühl waren. Wie wenig aber nach einer solchen Verletzung der *Grad* der Empfindung bei Säugethieren bedeutet, wird klar, wenn man weiss, dass bei Fröschen in diesen Fällen die Empfindung noch sehr lebhaft ist, und dass sie sogar in einzelnen kräftigen Säugethieren mehr als nur spurweise vorhanden war.[1]) Bedenkt man nun, dass die Empfindung nach diesem Versuch nicht blos etwa an einem beschränkten Punkt des Fusses, sondern am *ganzen* Fusse verbleibt, dass wie wir ferner gezeigt haben, der Erfolg nicht geändert wird, wenn man in verschiedenen Thieren die Orte der Verletzung am Marke herauf oder herunter verlegt, so fehlt für die Theorie unserer Gegner jede Ausflucht. In der That musste *Brown-Sequard* in einer späteren Arbeit über die Kreuzung zugestehen, dass es nach diesem Versuch scheine, „dass einige Commissurfäden zwischen den Seitenhälften des Markes existirten, welche eine Verbindung zwischen den Leitungswegen der sensibeln Eindrücke herstellen." (Gaz. hebdom. 1855 pag. 656). Hiemit tritt er offenbar in einen Widerspruch mit sich selbst, und nimmt seinem ganzen Gebäude die wichtigsten Pfeiler.

Dass pathologische Fälle von „gekreuzter" Lähmung, die *Brown-Sequard* für seine Lehre anführt, weit eher für die unsrige sprechen, haben wir bereits oben erwiesen.

---

[1]) Wenigstens in meinen Versuchen.

Wir werden daher eine Kreuzung der sensibeln Fasern *im Sinne von Brown-Sequard* nicht annehmen können, da die Beweise für dieselbe sich widersprechen, und die Beobachtung sie widerlegt hat.

Will man aber die von uns gelehrte relative Lagerung der für die beiden Körperhälften bestimmten Kugelfasernetze, so dass das für die rechte Seite bestimmte etwas nach links überragt und umgekehrt, ebenfalls eine *Kreuzung* der *ästhesodischen* Fasern nennen, so ist hiergegen nichts einzuwenden, als die Berufung auf den Sprachgebrauch.

Wir haben uns nun am Schlusse der Darstellung unserer Kenntnisse über die sensible Leitung noch über eine Erscheinung auszusprechen, die wir mehrfach in Folge unserer Versuche auftreten sahen. Es ist

i) *Die Hyperästhesie,*

die wir am ausgezeichnetsten nach Durchschneidung der Hinterstränge oder einer ganzen Hälfte des Markes erzeugen konnten. Erhöhung der Empfindlichkeit gegen Druck und schmerzhafte Reize zeigt sich aber auch sehr oft nach anderen Verwundungen des Rückenmarks, nur lässt sie hier in der Regel länger auf sich warten, als nach den genannten beiden Operationen. Ist es gelungen, die eine Seitenhälfte des Markes mit Ausschluss des weissen Hinterstranges zu durchschneiden, oder trennt man, um allen Verdacht einer mechanischen Beschädigung des letzteren zurückzuweisen, im Kaninchen nur die *vordere* Markhälfte, oder den Vorderstrang, so stellt sich ebenfalls *nach einiger Zeit* Hyperästhesie der hinter dem Schnitte gelegenen Theile ein. Nach bloser Durchschneidung der Vorderstränge hat sie auch schon *Brown-Sequard* bemerkt. Ja man hat beobachtet, dass, wenn nach Entfernung der Wirbelbogen nur eine Oeffnung in die Rückenmarkshäute gemacht wurde und nach einiger Zeit das Mark sich bruchsackartig aus dieser Oeffnung hervordrängte, ohne eigentliche Verwundung des letzteren, Hyperästhesie der hinteren Körpertheile auftreten konnte.

Durchschneidet man die Hinterstränge im Niveau des fünften Halswirbels eines Kaninchens [1]), so findet man, sobald das Thier aus der Aetherbetäubung erwacht ist, und selbst schon während des Erwachens, die Hyperästhesie an den vorderen und hinteren Extremitäten gleich stark ausgesprochen und sie nimmt an diesen Theilen noch gleichmässig zu. Ebenso zeigt es sich nach Durchschneidung einer ganzen Markhälfte an den entsprechenden Extremitäten.

Hat man aber den Vorder- oder den Seitenstrang getrennt, so erscheint, wie ich oft gefunden habe, die Hyperästhesie der vorderen Extremität etwas — und manchmal bedeutend — früher als die der hinteren, und die spätere Zunahme ist, dem entsprechend, in der vorderen Extremität beschleunigt. Die Hyperästhesie ist ferner keine ganz beständige Folge dieser Verletzungen und kann selbst in einigen Fällen fehlen, wenn die zunächst gelegene graue Substanz mit verwundet ist. Hingegen fehlt sie nie nach Durchschneidung des Hinterstranges, wenn die Verletzung nicht gleichzeitig, ausser aller grauen Substanz der *entsprechenden* Markhälfte, auch noch bei weitem den grössten Theil der *gegenüberliegenden* getrennt hat.

Brown-Sequard hat die Hyperästhesie, und besonders diejenige, welche constant nach Trennung der Hinterstränge oder einer ganzen Markhälfte auftritt, als Folge des aufgehobenen *Zusammenhangs* der erwähnten Theile betrachtet. Dies ist nach meinen neueren Untersuchun-

---

[1]) Die an sich richtigen, aber abweichenden Resultate von *Türk*'s Versuchen werden beim verlängerten Mark besprochen.

gen nicht zulässig. Schon ihre langsam und allmählich erfolgende Zunahme während ihres Entstehens (sie kann, während die Sensibilität der übrigen Theile schon wieder nach dem Erwachen des Thieres stationär geworden ist, noch mehrere Stunden, ja länger als einen ganzen Tag, zunehmen) deutet auf eine nach der Trennung und Erholung des Thieres allmählich noch *wachsende Ursache.* Nach einigen Tagen ist bei überlebenden Thieren die Empfindlichkeit hinter dem Schnitte wieder sehr gesunken, erhält sich aber noch eine Zeit lang, sehr allmählich abnehmend über dem individuell normalen Maasse, *um endlich ganz zu verschwinden* und einer *allgemeinen, dauernden Abnahme* der Empfindlichkeit Platz zu machen.

Sie verschwindet im Allgemeinen früher, wenn der Schnitt die Vorder- oder Seitenstränge nebst der nahegelegenen grauen Substanz traf, merklich später, wenn auch die Hinterstränge oder diese allein verletzt waren.

Bei Hunden habe ich nach Durchschneidung einer Seitenhälfte des Markes die stärkere Empfindlichkeit des entsprechenden Fusses schon nach 17—22 Tagen, bei jungen Katzen sogar nach 12—16 Tagen verschwunden gesehen. Bei alten Thieren schien sie länger anzuhalten, verschwand aber immer in meinen Versuchen gänzlich im Verlaufe einiger Wochen.

Tödtet man das Thier einige Tage nach dem Aufhören der Hyperästhesie, so findet man die Schnittränder durchaus nicht verwachsen, aber noch ziemlich geröthet. Dasselbe sah ich sogar noch einige Wochen später.

Es geht hieraus mit Bestimmtheit hervor, dass es nicht irgend eine Trennung des Zusammenhanges ist, welcher diese Veränderung der Empfindlichkeit erzeugt, sondern wahrscheinlich ein Reizzustand an den durchschnittenen Theilen oder in deren Nachbarschaft, der allmählich aber ziemlich rasch nach der Verwundung sich ausbildet und nach einiger Zeit mehr oder weniger langsam schwindet. Diese Ansicht findet ihre Stütze in dem erwähnten, auch von *Chauveau* bestätigten Umstande, dass manchmal nur die Blosslegung des Markes, ohne merkliche Verwundung desselben, Hyperästhesie zur Folge hat.

Brown-Sequard gibt an, dass er bei Meerschweinchen noch länger als zwei Jahre nach der Durchschneidung der Hinterstränge eine freilich in sehr geschwächtem Grade fortdauernde Hyperästhesie beobachtet habe. Dies spricht nicht gegen meine Ansicht, sondern beweist nur, dass bei diesen Thieren, wie manchmal bei Menschen, eine schwere Verletzung in einzelnen Fällen einen ausserordentlich lange dauernden Reizzustand hervorrufen kann?

Dass die Hyperästhesie nicht Folge der Trennung des Zusammenhanges sondern des Wundreizes ist, hatte schon *Türk* behauptet, und er stützte sich dabei auf eine Beobachtung an einem Menschen, bei dem eine ganze Markhälfte durch fibroides Gewebe unterbrochen war. Dieser Schluss wird aber, wenigstens bis zur Mittheilung der vollständigen Krankengeschichte, dadurch beeinträchtigt, dass eine Stelle am Fusse anästhetisch war. Wo andere, von *Türk* nicht näher bezeichnete Ursachen Anästhesie bewirken, kann das Fehlen erhöhter Empfindlichkeit natürlich nichts beweisen. In den übrigen bekannten Fällen von Erkrankung der Hinterstränge geschieht verhältnissmässig nur sehr selten der Hyperästhesie Erwähnung.

Welche Theile des Markes sind es, deren Reizzustand Hyperästhesie bewirkt?

Aus dem Umstande, dass Verletzungen, welche sich auf die Hinterstränge erstrecken, hier vorzüglich wirksam sind, dürfen wir noch nichts Bestimmtes schliessen. Die Verletzung anderer Theile kann, wie wir gesehen, auch einen consecutiven Reizzustand im gesuchten wirksamen

Punkte hervorrufen und unterhalten, und wenn dies die Hinterstränge leichter und energischer thun, so kann dies möglicherweise darin liegen, dass sie, als die einzig empfindlichen und schmerzenden Theile des Markes, bei der Verletzung intensiver gereitzt werden und den Reiz leichter auf die Nachbartheile verpflanzen.

Da aber, wenn wir eine ganze Markhälfte durchschnitten haben, die Hyperästhesie *nur* auf der entsprechenden Seite auftritt, so muss sie in der Reizung einer Partie begründet sein, welche nur der sensibeln Leitung auf *dieser* Seite vorsteht. Auf diese Weise ist die graue Substanz, die auf die andere Seite wirken würde, ausgeschlossen und es bleiben uns nur die *Hinterstränge.*

Die Ansicht, dass es ein mit Behinderung der eigenen Leitung verbundener Reizzustand der Hinterstränge sei, welcher sensible Eindrücke auf die ästhesodische Substanz reflectirt, wo sie als Schmerz empfunden werden, wird aber durch alle oben angeführten Umstände wesentlich unterstützt. Verletzung anderer Theile, selbst der grauen Substanz ist an sich in dieser Beziehung wirkungslos, kann aber Hyperästhesie verursachen, wenn der Wundreiz, der sich immer mehr oder weniger ausbreitet, bis zu den Hintersträngen gelangt. Darum wird auch in diesen Fällen allmählicher Ausbreitung eine Extremität *früher* ergriffen, als die andere, was natürlich nicht eintreten kann, wo durch directe Durchschneidung die Reizung unmittelbar den ganzen Umfang der Hinterstränge ergreift.

Wie so aber ein gereizter Zustand der durchschnittenen oder undurchschnittenen aber beeinträchtigten Hinterstränge in der grauen ästhesodischen Substanz die seiner Seite entspricht, (und nur durch diese kann die Leitung noch gehen), bei leichteren Erregungen einen schmerzerzeugenden Vorgang anregt, ist noch unbegreiflich. Ich habe mir wohl eine zusammengesetzte Hypothese hierüber construirt, die aber wegen Mangels näherer thatsächlicher Begründung hier nicht erörtert werden darf.

Der schmerzerzeugende krankhafte Vorgang ist nicht beschränkt auf die in *derselben* Seite befindliche graue Substanz. Dies wird bewiesen *a)* dadurch, dass die Hyperästhesie nicht aufgehoben wird, nicht einmal merklich abnimmt, wenn man, nach dem einen Hinterstrang, auch die darunter liegende graue Substanz durchschneidet. *b)* Durchschneidet man den rechten Hinterstrang und dann den grössten Theil der grauen Substanz der linken Seite, so wird durch die zweite Operation die Wirkung der ersten, die hyperästhetische Leitung, merklich verlangsamt, sie führt sehr leicht zu vorübergehender Erschöpfung und sie scheint auch etwas geschwächt.

Der Hinterstrang wirkt also auf die graue Substanz *beider* Markhälften, beide nehmen an der Leitung der Hyperästhesie Theil.

Aber er wirkt nicht auf die ganze ästhesodische Masse, weil sonst der ganze Hinterkörper ergriffen würde. Er wirkt in beiden Markhälften nur auf die Theile der ästhesodischen Substanz, die seiner Körperhälfte angehören.

Die manchmal, und bei einigen Thieren stets bemerkliche Hyperästhesie der *vor* dem Schnitt gelegenen Theile, während die Empfindlichkeit des Hinterkörpers auf der Akme ist, erklärt sich wahrscheinlich durch die allseitige Leitung (auch nach hinten) in der grauen Substanz. Reizt man die Vordertheile, so tritt ein *Nebenstrom* der Leitung durch die in Folge des Reizes veränderte graue Substanz. Vielleicht tritt diese grössere Empfindlichkeit der Vordertheile constant und bei allen Thieren ein, wenn man sehr starke Reize anwendet, die weithin beträchtliche Nebenströme entsenden. Dies muss uns aber entgehen, weil bei solchen Reizen die Zeichen der Empfindung ohnehin einen Grad erreichen, der keine Verstärkung mehr deutlich erkennen lässt.

Wo der Uebergang des Reizzustandes der Hinterstränge auf die ihm entsprechende ästhesodische Substanz geschieht, weiss man ebenfalls

nicht. Dass es nicht in der Richtung der Fortsetzung der Schnittebene geschieht, lässt sich durch Versuche erweisen, und dies ist auch schon deshalb unwahrscheinlich, weil auch die ästhesodische Substanz der anderen Markhälfte theilweise ergriffen wird.

Vermuthlich pflanzt sich der Reizzustand in jeder Faser der Hinterstränge abwärts bis zum centralen Ende der Nervenwurzel (in einer Ganglienkugel?) fort, wo die sensibeln Fasern des Hinterstrangs und die ästhesodischen auseinandergehen und tritt hier auf die graue Masse über.

Ich habe mich manchmal in diesem Kapitel des Ausdruckes „anscheinende" Hyperästhesie oder hyperästhetische Form der Leitung bedient. Ich that dies deshalb, weil die gewöhnlichen Aeusserungen der Thiere, Davonlaufen, Schreien, Kopfbewegungen, beschleunigtes Athmen bei schwacher Berührung strenggenommen noch nicht den Beweis liefern, dass diese Thiere den angebrachten Reiz wirklich stärker als normal empfanden, sondern nur, dass die Leitung durch die verwundete Stelle und über sie hinaus eine viel intensivere war als im gesunden Zustande. Diese verstärkte Leitung konnte aber ohne das subjective Gefühl zu erhöhen, sich lediglich durch die Erregung der genannten verstärkten und wie immer in gewissem Maasse koordinirten Reflexbewegungen aussprechen. Gerade so wie uns z. B. ein Kitzel je nach der sogen. Stimmung unseres Nervensystems das eine Mal ziemlich ruhig lässt und kurz darauf derselbe Reiz ohne dass wir den Eindruck stärker *empfänden*, uns zum Lachen, zur Abwehr und zu anderen Bewegungen fast unwiderstehlich nöthigt. Diese Zweifel konnten natürlich nicht dadurch gehoben werden, dass ich mehrmals einen Hund, den ich, bei verbundenen oder unverbundenen Augen am hyperästhetischen Gliede berührte, nach meiner Hand beissen oder den Kopf knurrend nach der verletzten Seite wenden sah. Denn auch dieses sind nur geordnete Bewegungen zur Abwehr, die unabhängig von der Stärke des wirklich empfundenen Reizes durch seine unregelmässig gesteigerte Leitung ebenso erzeugt werden können, wie die unsrigen beim Kitzeln. Aber erst vor Kurzem, während des Schreibens dieser Arbeit habe ich mich überzeugt, *dass ich in meinen Zweifeln zu weit gegangen,* und dass in den fraglichen Fällen die erwähnten Aeusserungen, wenigstens theilweise, von *wahrer* Empfindung abhängen.

Einem Hunde, dem die eine Seitenhälfte des Cervicalmarkes durchschnitten war und der sich schon nach wenigen Tagen kräftig bewegte, hatte ich mehrmals hintereinander die hyperästhetischen Glieder schwach gedrückt, worauf er durch leises Aechzen, auch oft blos durch starke Bewegungen des Körpers antwortete wobei er jedesmal meine dem Fusse anliegende Hand zwischen seine Zähne fasste und zu entfernen suchte. Dies beweist nun noch nichts, aber als ich die erwähnte Manipulation 5 bis 6 Male wiederholt, fasste er mit dem bekannten Zähnefletschen meine Hand schon wenn sie sich den hyperästhetischen Gliedern *näherte,* und noch *ehe sie dieselben berührt,* während er Befühlen entfernter Körpertheile ruhig ertrug. Es musste in ihm also das *Bewusstsein* eines lästigen Gefühls bei den früheren Berührungen der Füsse entstanden sein. Versuche an solchen Theilen müssen demnach auf sehr zarte Weise angestellt werden, wenn man nicht unnöthig Schmerz erregen will.

2) *Leitung der Bewegungseindrücke im Rückenmark.*

Alle Versuche über die Bewegungsleitung sind viel schwieriger auszuführen, als die über die Fortpflanzung der Empfindung, weil

α) die Beobachtung nach dem Versuch darauf beschränkt ist, abzuwarten, bis das Thier *willkührliche* Bewegung macht. Während wir durch Anwendung immer stärkerer Reize auf einen Theil jede darin vorhandene Spur von Empfindung zur Erscheinung bringen können, haben wir bei der Bewegung keinen anderen Reiz als den oft so launigen Willen der operirten Thiere. Fast jede directe künstliche Erregung ist entschieden fruchtlos.

β) die Theile des Markes, welche der Bewegung dienen, sind bei weitem zarter und vulnerabler als die Leiter der Empfindung. Jeder

noch so schwache Druck, jede Zerrung der ersteren kann ihre Function stören oder beeinträchtigen, wenn sie beim Versuche auch nicht direct getrennt worden sind. Die auf diese Weise entstehende Lähmung hält lange, oft mehrere Tage bis zum Tode des Thieres an.

Man muss daher, mit geringer Aussicht auf Erfolg, die Versuche viel öfter wiederholen, als bei dem Studium der Empfindungsbahnen, und bei gleicher Art der Verletzung, dem positiven Resultate, selbst wenn es viel seltener als ein negatives erscheinen sollte, unbedingt den Vorzug geben. Was oben über die nöthige Geduld und Ausdauer und über die allgemeinen Regeln des Versuches am Rückenmarke gesagt ist, findet hier vorzugsweise seine Anwendung.

Ein Druck aufs Rückenmark, bei der Blosslegung desselben oder beim Einschneiden irgend eines indifferenten Theiles z. B. der Hinterstränge beeinträchtigt die Bewegung (während die Empfindungsleitung noch energisch erfolgen kann) auf zweierlei Weise:

Ein schwächerer Druck auf das Dorsalmark der Säugethiere lähmt nach meinen Beobachtungen nur die Nervenbahnen, welche die *Streckmuskeln* der Hinterfüsse erregen. Die Füsse sind bei allen Bewegungen des Thieres anhaltend in kräftiger Flexion, die Oberschenkel-, Knie- und Fussgelenke unbeweglich an den Bauch gezogen. Man kann sie nur mit ziemlicher Gewalt ausstrecken und sie ziehen sich sogleich wieder zusammen. Diese in pathologischer Beziehung wichtige Erscheinung sah ich bei Kaninchen mehrere Tage lang anhalten. Es ist dabei gleichgültig, ob der Druck von hinten, von vorn oder von der Seite her ausgeübt wurde.

Stärkerer Druck hebt alle Bewegung dauernd oder vorübergehend auf.

Wenn man bei einem Thiere, dessen Hinterfüsse durch Druck auf das Mark in anhaltende Flexion geriethen, den Blutlauf in den genannten Gliedern hemmt und die Todtenstarre derselben ruhig abwartet, so verbleiben sie während der Starre in derselben Stellung, die sie vorher einnahmen. Wahrscheinlich rührt dies daher, dass die contrahirten Muskeln früher starr werden. Es kann sich also nach dem lokalen Tode das Gleichgewicht nicht wiederherstellen.

Die eben angeführten Thatsachen erklären so manche widersprechende Resultate, zu welchen frühere Forscher in Betreff der Bewegungseinflüsse gelangt sind. Den Hintersträngen, deren Resection, wenn sie vorsichtig ausgeführt wird, die Bewegungen nicht im Geringsten beeinträchtigt, wurde hie und da ein motorischer Einfluss zugeschrieben. ***Schöps*** und ***Calmeil*** sahen z. B. nach deren Durchschneidung Lähmung entstehen, welche aber in einigen ihrer Versuche nur vorübergehend war. Auch ***Rolando*** hat Aehnliches beobachtet. Hier hat ein zu starker Druck auf die übrigen Theile des Markes das Resultat und leider auch die Folgerungen der Autoren getrübt. ***Baker***, der dieselben Erscheinungen sah, war wenigstens in seinen Schlüssen vorsichtiger. Durch einen schwächern Druck entstanden die Resultate von ***Bellingeri***, der nach Durchschneidung der Hinterstränge Contraction der ***Flexoren*** erzielte und daraus auf eine Lähmung der Extensoren schloss, die von diesem Strange aus innervirt werden sollten. Durchschneidung anderer Stränge, oder ein Druck ohne alle Verletzung hätten in geeignetem Falle dasselbe ergeben können.

Manche pathologische Thatsachen erläutern sich aus den hier mitgetheilten Beobachtungen. Krankheiten der Rückenmarkshäute, welche ein comprimirendes Exsudat liefern, mit anfänglicher oder dauernder Schwellung verbundene Veränderungen einzelner Markstränge (auch solcher, die ohne Einfluss auf Bewegung sind), Afterproducte im Spinalcanal, können motorische Lähmung bei ungestörter oder local schmerzhaft veränderter Empfindung erzeugen. Wirkt der Druck nur sehr schwach, so kann Contractur entstehen. Die sogenannte Meningitis spinalis erzeugt fast immer Lähmung und keine Anästhesie, ein leichterer Grad hat oft Contracturen im Gefolge und ein zuverlässiger Beobachter ***Janson*** (Bulletin de la faculté de med. de Paris, V, pag. 356) glaubt, Contracturen der Extremitäten mit zu den Symptomen der Entzündung der Rückenmarkshüllen zählen zu dürfen Analoge Erfahrungen scheint auch ***Lallemand*** gemacht zu haben. ***M. Hall*** (Frorieps neue Notizen Nr. 134) erzählt einen Fall,

in welchem eine Geschwulst von vorn aufs Mark drückte, die hinteren Extremitäten waren dabei so stark und anhaltend gebogen, dass die Ferse die Hinterbacken excorcirte. Die Sphinkteren waren gelähmt. *Cruveilhier* (Anat. pathol. liv. 32) sah anhaltende Contractur der Füsse durch eine Geschwulst, die im zweiten Dorsalwirbel das Rückenmark von vorn stark comprimirte. *Mayo* (Outlines pag. 156) fand bei einer paraplegischen Frau, deren Füsse oft krampfhaft contrahirt und gebogen wurden, eine Balggeschwulst, welche von vorn her aufs Rückenmark drückte. In den eben angegebenen Verhältnissen scheint mir auch der Schlüssel zu der oft besprochenen und vielfach gedeuteten Beobachtung von *Royer-Collard* zu liegen, in der eine starke Contractur der Füsse sieben Jahre lang bestand. „Meningitis spinalis" ist hier anfangs sicher vorhanden gewesen, die Erweichung des Vorderstranges ist zweifelhaft. Interessant ist eine Krankengeschichte von *Colin* (Revue med. Avril 1824, Olivier II, pag. 477), in welchem ein Encephaloid, welches die medulla am 10ten Rückenwirbel comprimirte, erst nur reizend wirkte und so Schmerz, Krampf und später spasmodische Streckung erzeugte, dann fing der lähmende Einfluss mit heftiger Contractur der Füsse an; Schenkel und Knie bogen sich so, dass die Ferse die Nates berührte, der Schmerz dauerte aber, besonders bei Bewegungsversuchen, fort. Man wendete hier Strychnin an, aber es ist klar, dass dieses in solchen Fällen die Contractur nur vermehren muss, wie es auch in der That den Zustand verschlimmerte. Einen ähnlichen Fall, wo bei analogen Symptomen ebenfalls eine Geschwulst von hinten drückte, siehe Archiv gener. de med. 1834 pag 229. Die in allen diesen Fällen häufige Hyperästhesie erklärt sich aus den pag. 274 angeführten experimentellen Ergebnissen. Auch wo bei Thieren die Compression nachfolgende Contractur erzeugt, geht derselben während des Eingriffes eine vorübergehende oft mehrfach convulsivisch wiederholte Streckung vorher, wenn die Einwirkung direct aufs Lendenmark geschah. Wahrscheinlich sind dabei auch Schmerzen, die indessen im ätherisirten Zustand der Thiere nicht erkannt werden.[1])

Das Historische über die Bewegungsleitung ist bei *Longet* (Anat. et Physiol. du syst. nerv. I, pag. 267) bis zur Zeit des Auftretens *Van Deen*'s ziemlich genügend behandelt, ich werde in Folgendem daher nur des Wichtigsten aus der neueren Periode zu erwähnen haben.

Wo ich hier ohne nähere Bezeichnung blos von den Vordersträngen spreche sind stets die sogenannten Seitenstränge mit einbegriffen. Letztere lassen sich blos in der Nähe des verlängerten Markes genau anatomisch unterscheiden und haben auch nur hier eine bestimmt gesonderte Funktion.

a) *Die Vorderstränge leiten Bewegung in der Richtung der Längenaxe des Markes.*

Diesen Satz, der schon früher und auch in neuerer Zeit seit *Longet* vielfach behauptet worden, hat zuerst und allein *Van Deen* durch stichhaltige Versuche erwiesen. Die von Letzterem zu seiner Unterstützung angeführten Belege sind nicht alle von gleichem Werthe, der 29ste und 30ste Versuch der zweiten Abhandlung seiner „Traité et decouvertes" (Leyden 1841 pag. 69 und 71) genügen aber vollkommen.

Durchschneidet man einem Frosche von hinten her die Hinterstränge und die gesammte graue Substanz des Rückenmarks in der Höhe des dritten Wirbels, so dass nur der weisse Vorderstrang, oder selbst nur einige Fasern desselben unverletzt bleiben, so macht das Thier nach einiger Zeit wieder *willkührliche* Bewegungen mit seinen Hinterfüssen.

Dieser Versuch, den ich oft wiederholte, ist mir nie so vollkommen gelungen, dass die weissen Vorderstränge *fast* ganz unverletzt geblieben wären (sie völlig dabei unverletzt zu lassen ist geradezu unmöglich), die Bewegungen der Hinterfüsse, die ich „spontan" oder nach Reizung eines (vor dem Schnitt gelegenen) Vorderfusses, oder einer Kopfhälfte be-

---

[1]) Einige der angeführten Fälle könnten übrigens auch Reflexcontracturen sein. (Vergl. unten pag. 294 und 295.)

obachtete, waren daher stets schwächer als normal, sie genügten nicht mehr zu einem regelrechten Sprung, aber sie konnten das Thier oft noch vorwärts stossen, sie waren öfters auf einer Seite kräftiger, als auf der anderen. Es konnte, was übrigens die blose Form und die ganze Erscheinung der Bewegung schon zeigte, auf verschiedenem Wege nachgewiesen werden, dass ich keine Reflexbewegungen vor mir hatte.

Ich war vielfach bemüht, denselben Versuch auch an Säugethieren zu wiederholen und dies ist mir hier mehrfach nach Entfernung der Hinterstränge und queren Einschnitten in die graue Substanz bis über die Vorderhörner hinaus in der Weise gelungen, dass auch noch ein grosser Theil des Seitenstranges in Verbindung blieb. Ich operirte meistens an den obersten Brustwirbeln. In der Regel war zwar alle Bewegungsleitung dauernd verloren, in glücklichen Fällen aber sah ich auch hier während der willkührlichen Bewegungen des Thieres durch die vorderen Extremitäten an den *hinteren*, und besonders an deren Fuss- und Zehengelenken, eine Reihe von Zuckungen auftreten, die als willkührliche gedeutet werden müssen, weil sie nie ohne gleichzeitige Bewegung der Vorderglieder auftraten, nie länger als diese letzteren dauerten, und weil sie, wenn ich bei Katzen durch Oeffnen der Stubenthüre und die dadurch in Aussicht gestellte Flucht ihre Bewegungen beschleunigte, sich harmonisch mit verstärkten.

Der Einwurf, dass diese eben beschriebenen schwachen Bewegungen Reflexe sein könnten, hervorgebracht durch das Schleifen des Hinterkörpers auf dem Boden, ist dadurch zu widerlegen, dass ein solches Schleifen mittelst meiner Hand, ohne willkührliche Bewegung des Thieres, die Hinterbeine in Ruhe liess.

Die Schwierigkeit dieses Versuches nöthigt uns, uns mit solchen zwar spärlichen, aber durchaus unzweideutigen Resultaten zu begnügen, andererseits erklärt sie aber, wie so ein verdienter späterer Forscher die Ergebnisse von *Van Deen* mit Unrecht durchaus abläugnen konnte, was Letzteren veranlasste, die Thatsache abermals zu prüfen und noch genauer festzustellen. (Heije Archief voor Geneeskunde, II, 1842, pag. 414).

Diese Versuche beweisen nicht, dass die Vorderstränge bei der Leitung der Bewegungsantriebe der grauen Substanz *überhaupt* entbehren können, sondern dass diese vom Gehirn ausgehende Leitung an einer vom Abgang der betreffenden Bewegungswurzeln *entfernten* Stelle des Markes nicht der Integrität oder irgend eines Zusammenhangs der grauen Substanz bedarf. Hingegen war es hiernach immer noch möglich, dass die weissen Längsfasern, welche zu der Lendenanschwellung herableiten, innerhalb der letzteren in die Zellen der grauen Substanz übergingen, um von hieraus erst die Nervenwurzeln zu erregen

Um über diese Möglichkeit zu entscheiden, musste man versuchen, die graue Substanz nicht blos an einer Stelle *einzuschneiden*, sondern ganz zu *entfernen*, bis über die Nerven für die Hinterfüsse hinaus. Auch dieses Experiment hat man sich — und zwar bei Fröschen — auszuführen bemüht, aber, wie man sich denken kann, ohne allen brauchbaren Erfolg. Pathologische Beobachtungen an Menschen scheinen dafür zu sprechen, dass wo die ganze Länge der grauen Substanz innerhalb der Arm- oder Lendenanschwellung, bei scheinbarer Erhaltung der weissen zerflossen oder entartet ist, die willkührliche und reflectirte Bewegung der Arme oder der Füsse aufhört, während bei einigen anderen Leichenöffnungen, die hiermit in Widerspruch zu stehen scheinen (Siehe drei solcher Fälle bei *Rokitansky* path. Anat. II, pag. 863—865, einen von *Audral* bei Olivier II, pag. 388) vielleicht ein Rest von grauer Substanz übersehen wurde: das freie Auge kann, besonders am nicht gefärbten und erhärteten Mark, ihre Abwesenheit nie mit Bestimmtheit behaupten.

Wenn ich *Van Deen* allein das Verdienst zuerkenne, die Leitungsfähigkeit der weissen Vorderstränge im Sinne der *Längenaxe* erwiesen zu haben, so sind mir die Bemühungen von *Kürschner* und *Volkmann* nicht unbekannt geblieben. Die Versuche des ersteren beweisen ihrer ganzen Anlage nach für unsern Satz eigentlich nichts. *Volkmann*'s Versuch (Wagner's Handwörterbuch II, pag. 552)

ist recht gut angelegt, aber vorläufig noch unbrauchbar, weil er sich des trügerischen galvanischen Reizes bedient hat. Seine Angaben lassen in der That den Verdacht aufkommen, dass er die Wirkung von Stromesschleifen vor sich gehabt habe. *Longet's* vorzügliche und leicht zu bestätigende Versuche beweisen nur, dass in den Vordersträngen motorische Fasern *enthalten* sind, die sich zu den nächsten Nervenwurzeln begeben, sprechen aber nicht für die Leitung in der *Längenaxe*.

b) *Die graue Substanz leitet Bewegung.*

Durchschneidet man einem Thiere in der Dorsalgegend die Vorderstränge mit möglichster Schonung der grauen Substanz, so bemerkt man zwar sogleich nach der Operation eine oft sehr bedeutende Schwächung der Bewegungen der Hinterfüsse selbst eine Lähmung derselben, aber nach einigen Stunden (bei Fröschen sehr bald) sind alle Bewegungen der Extremitäten wieder ganz normal. Nur die Fixirung der Wirbelsäule ist noch (in Folge der Knochen- und Muskeldurchschneidung) unvollständig, stellt sich aber immer mehr und mehr ein.

Die hier erfolgenden Bewegungen der Hinterfüsse sind oder werden nicht nur *kräftig* sondern auch ganz *harmonisch*. Die Füsse werden nicht zugleich, nicht unregelmässig, sondern in der gehörigen Abwechslung und Aufeinanderfolge vorgesetzt, wie es der Gang des Thieres erfordert.

In den ersten Stunden *scheinen* die Bewegungen zwar kräftig, aber noch nicht regelmässig und harmonisch, weil die Wirbelsäule mit dem Hinterkörper oft nach der einen oder der anderen Seite schwankt und das Thier sie unterstützen will. Bei genauerer Untersuchung erkennt man auch hier die Regelmässigkeit, die nur durch das accidentelle Schwanken gestört wird, wenn man letzteres nicht verhindert.

Auch wenn die operirten Katzen ihren Lauf beschleunigen wollten, erhielt sich die Regelmässigkeit der Bewegung.

Diese Resultate treten viel rascher hervor, wenn man nur die eigentlichen Vorderstränge mit Schonung der seitlichen durchschneidet, selbst wenn viel von der vorderen grauen Substanz dabei verletzt ist. Je weniger aber die graue Substanz gelitten hat, um so früher stellt sich die Bewegung wieder ein.

Das Ergebniss bleibt ferner wesentlich dasselbe, wenn man bei solchen Thieren auch an einer höher gelegenen Stelle die weissen Hinterstränge durchschneidet. Auch die Reflexbewegungen im Hintertheil haben nicht dabei gelitten.

Calmeil (Journal des progrès 1828 Tome XI, pag. 113) scheint schon bei einem sehr jungen Schaf eine schwache Rückkehr willkührlicher Bewegung nach Durchschneidung der eigentlichen Vorderstränge beobachtet zu haben. Das Thier konnte freilich weder stehen noch laufen, so dass *Calmeil* in diesem Versuche möglicherweise nur Reflexbewegungen vor sich hatte. Auch *Brown-Sequard* glaubt nach seinen Versuchen irrigerweise (Experimental researches on the spinal cord. Richmond 1855 pag. 28) durch Trennung der beiden Vorderstränge im engeren Sinne eine ausgedehnte Paralyse hervorrufen zu können.

Stilling's Resultate an Fröschen stimmen mit den meinigen an höheren Thieren völlig überein, völlig abweichend und wohl nur durch Nebenverletzungen hervorgebracht, sind aber die von *Schöps*, *Backer*, *Van Deen* und *Eigenbrodt* auf dem Wege der Durchschneidung erlangten Ergebnisse, welche dem heute noch so sehr verbreiteten Vorurtheile das Wort reden, dass *nur* die Vorderstränge die Bewegung leiteten, eine Ansicht, der sich auch die Anhänger der Reizversuche anschliessen. Die pathologischen Erfahrungen, welche man zum Theil ebenfalls zu Gunsten dieser Ansicht angeführt hat, sind zweideutig, indem man hier durchaus nicht genügende Rücksicht auf die graue Substanz genommen hat. So finden sich denn Fälle von Entartungen der Vorderstränge, in denen die Bewegung gelähmt und andere, in denen sie erhalten war. Ausserdem beruft man sich hier häufig noch auf Beobachtungen, in denen die vorderen Spinal-

wurzeln mitgelitten hatten, in denen also dieser letztere Umstand allein schon Lähmung erzeugen musste.

Die Behauptung, dass in der Rückengegend die Durchschneidung der eigentlichen Vorderstränge beträchtlichere Lähmung bewirke als die der Seitenstränge, können wir natürlich nicht bestätigen, denn sie entbehrt jeden Beweises. Wenn aber hinzugefügt wird, dass sich dies am ***Halsmark*** umgekehrt verhalte und dass hier die isolirte Trennung der Seitenstränge die Bewegung der Hinterfüsse so sehr beeinträchtige, so ist dies ***geradezu falsch.***

Da die Durchschneidung der Vorderstränge und der gesammten grauen Substanz sowohl bei Fröschen als bei Vögeln und Säugethieren jede Spur von Bewegungsleitung dauernd aufhebt, die Trennung der Hinterstränge allein aber die Bewegung so sehr gut bestehen lässt, so muss *die graue Substanz der Uebertragung motorischer Impulse dienen* und es entsteht die Frage:

c) *Welche Schichten der grauen Substanz leiten Bewegung?*

Es ist die Behauptung ausgesprochen worden, dass nur die vordere Hälfte der grauen Substanz Bewegung leite, und dass überhaupt stets vollständige Paralyse eintrete, wenn man die vordere ganze Hälfte des Rückenmarkes (also mit Schonung des hinteren Theiles der Seitenstränge) durchschnitten habe. Dieser letzteren Ansicht ist schon *Eigenbrodt* dadurch entgegengetreten, dass er (l. c. pag. 27) bemerkt, es habe nach der Trennung der vorderen Rückenmarkshälfte bei Fröschen noch „einige Bewegung“ fortbestanden, wenn er ohne die Bauchhöhle zu eröffnen, die Operation von hinten vorgenommen. Ich selbst habe nach diesem Versuche, so weit er sich bei Fröschen mit vollkommener Genauigkeit ausführen lässt, wenn ich die Thiere lange genug sich erholen liess, nicht blos „einige“, sondern sehr ausgedehnte und kräftige willkührliche Bewegungen der Hinterbeine beobachtet. Die Thiere konnten zwar nicht mehr gehörig springen, aber sie setzten sich aufrecht und stiessen sich mit den Hinterbeinen fort. Viel leichter ist die Operation genau bis zur Höhe des Spinalkanales an Katzen zu machen, die ich nach derselben noch lange überleben und nach einiger Zeit so regelmässig umherlaufen sah, dass man nicht geglaubt hätte, dass ihnen am Rückenmark irgend etwas verletzt sei. Im Anfange waren allerdings das oben erwähnte Schwanken der Wirbelsäule und die daraus hervorgehenden Unregelmässigkeiten, das scheinbar *Ungezügelte* der Bewegung, vorhanden.

Durchschnitt ich nach dieser Operation noch den Rest der beiden Seitenstränge, wobei die graue Substanz immer in einiger, wenn auch öfters nur geringer Ausdehnung, verletzt wurde, so dauerte die Bewegung in den Hinterfüssen ebenfalls, obschon mehr geschwächt, fort, aber sie bestand, so viel zu erkennen war, in allen Theilen und hatte sich am dritten Tage wieder bedeutend gestärkt. Bei grösseren Hunden machte ich dieselben Versuche mit weniger vollständigem aber eben so deutlichem und bestimmtem Erfolge.

Die hintere Hälfte der grauen Substanz leitet also Bewegung.

Machte ich die Einschnitte von vorn her noch tiefer, so dass nur eine dünne Schicht hinterer grauer Substanz eine Verbindungsbrücke herstellte, so sah ich nur in glücklichen Fällen bei Säugethieren, aber jedesmal bei Fröschen noch Reste einer mehr oder weniger ausgedehnten schwachen willkührlichen Bewegung der verschiedenen Gelenke der Hinterfüsse, die den Körper nicht mehr tragen konnten, so lange noch hintere graue Substanz den Vordertheil des Thieres mit dessen Hintertheil verband. Bei Fröschen sah ich noch eine Bewegung der Zehen, die nach den oben angeführten Kennzeichen als willkührlich be-

trachtet werden musste, die sich verstärkte, wenn ich die Vorderbeine reizte, ich sah sie in Fällen, wo die verbindende graue Schicht so gering war, dass sie gar nicht mehr mit blosem Auge erkannt werden konnte.

Schon oben wurde bemerkt, dass es mir bei diesen Thieren niemals gelungen ist, durch Einschnitte von vorn die Bewegung gänzlich zu lähmen, während noch eine Spur von Gefühl erhalten war. Die hinteren grauen Fortsätze erreichen hier aber auch fast die Oberfläche. Ebenso wenig gelang mir dies bei Vögeln. Bei Säugethieren habe ich zwar öfters bei meinen Versuchen endlich eine vollständige Paralyse bei noch vorhandener Schmerzempfindlichkeit erzielt, aber es ist klar, dass diese Versuche nur durch die grössere Vulnerabilität der Bewegungsleitung gegen mechanische Eingriffe erklärt werden können. Dass hier die vom Schnitt verschonte graue Lage endlich so dünn geworden, dass sie, als die am weitesten nach hinten gelegene, aller Bewegungsbahnen entbehrt, darf deshalb nicht angenommen werden, weil diesen Versuchen andere an denselben Thieren und in derselben Höhe (am ersten Lendenwirbel) entgegenstehen, wo eine *noch dünnere* übrig gebliebene Lage den Einfluss des Willens deutlich übertrug.

Dass nicht nur die hintersten Schichten der hinteren grauen Substanz (wie diese Versuche beweisen) sondern auch ihre mehr centrale Schicht Bewegung leitet, geht aus anderen Versuchen hervor, in denen ich an einer Stelle das Mark von vorn bis an den Centralkanal und zwei Wirbelhöhen nach oben von hinten bis nahe an den Centralkanal eingeschnitten hatte.

Diese Versuche lassen allerdings die (wenig wahrscheinliche) Möglichkeit offen, dass die centraleren Schichten der grauen Substanz vielleicht nur in der Richtung der *Höhe*, aber nicht in der Richtung der *Längenaxe* des Markes die Bewegung leiten. Aber ein directer Versuch wollte mir eben nicht gelingen. Derselbe ist leicht erdacht, aber schwer ohne störende Nebeneinflüsse auszuführen.

Dass die *vordere graue Substanz* Bewegung im Sinne der Längenaxe leitet (was man gerade schon früher behauptet hatte) lässt sich ebenfalls nur indirect, aber *sicher* beweisen.

Hat man nämlich — am besten bei einem Frosche — ein Rückenmark von hinten her ein-, und alle graue Substanz vollständig durchgeschnitten, so dass nur noch eine *weisse* Vorderbrücke übrig ist, so bestehen, wie oben erwähnt, Bewegungen fort. Diese hören aber auf, wenn man zwei Wirbelhöhen weiter nach oben die weissen Vorderstränge trennt. So ist es wenigstens, wenn man entfernt von den Hinterfüssen am vierten und zweiten Wirbel die Operation vornimmt. Erstreckt sich aber der erste Einschnitt in die graue Substanz nur *bis* zu deren Vorderhälfte nnd trennt man *jetzt* oben die Vorderstränge, so bleibt die willkührliche Bewegung *erhalten*. Der Unterschied im Erfolg der beiden Parallelversuche kann nur in einer longitudinalen Leitung durch die vordere graue Substanz gesucht werden.

Für denjenigen Theil der vorderen grauen Masse, welcher mehr im Centrum in der Nähe des Spinalkanales liegt, ist der Beweis einer Leitung in der *Längenrichtung* eben so wenig vollständig zu führen, wie für die entsprechende hintere Lage; dennoch glaube ich einstweilen aussprechen zu dürfen:

Jede Querschichte der grauen Substanz leitet Bewegung von vorn nach dem Hinterkörper.

Denn es ist unwahrscheinlich, dass die innerste Säule grauer Substanz eine verticale und horizontale, nicht aber eine longitudinale Leitung für Bewegungsantriebe gestatte. Jedoch wäre dies *möglich* und es ist erlaubt, sich bei dieser Gelegenheit zu erinnern, dass auffallenderweise die grossen vielstrahligen Nervenzellen (*Bewegungs*zellen von *Jakubowitsch*) in den centralen Theilen der grauen Substanz kaum vor-

kommen, in den vorderen und hinteren Hörnern aber bis an deren Basis und in der Substanz von *Rolando* in zahlreichen Gruppen aufgefunden worden sind. Ich habe mich von diesem Verhalten selbst in *sehr zahlreichen* Präparaten überzeugt, welche mir Herr *Jakubowitsch* zu zeigen die Gefälligkeit hatte. Auch *Stilling* kommt zu diesem Resultate in Betreff der Vertheilung der grossen Ganglienzellen und gerade für die Hörner steht die longitudinale Bewegungsleitung sicher. Wäre hier etwas mehr als ein blos zufälliger Zusammenhang?

Mehrfach habe ich jetzt schon der lateralen und verticalen Leitung in der grauen Substanz erwähnt. Die Beweise für die Existenz derselben sind ganz analog denjenigen, durch welche eine ähnliche Leitung in der ästhesodischen Substanz erkannt worden ist. Ich darf hier ein spezielleres Detail übergehen, da dasselbe ohne genaue Schilderung der *einzelnen* vielfachen Versuche gar keinen Werth hätte und wesentlich nur in einer auf die Bewegung angewendeten Wiederholung des im Abschnitt über die Empfindungsleitung in der grauen Substanz Gesagten bestände.

In einer ausführlicheren Nervenphysiologie werde ich aber später das hierhergehörige Material aus meinen Tagebüchern vollständig mittheilen.

Dass die Bewegungsleitung in der grauen Substanz lateral von rechts nach links und umgekehrt erfolgen kann, hat *Stilling* zuerst ausgesprochen, es geht aber schon aus den Versuchen von *Van Deen* hervor. Zwei von einander entfernte Querschnitte je durch eine Seitenhälfte des Markes bis zur Mittellinie geführt, welche die Bewegung der Hinterfüsse indessen ziemlich (nach *Stilling* l. c. pag. 152—165 sehr wenig) beeinträchtigten, können dies beweisen. Ich habe diesen Versuch auch an Säugethieren wiederholt und hier wie bei Fröschen Fortdauer der unbestreitbar willkührlichen, aber beschränkten Bewegung der Hinterfüsse beobachtet.

Valentin (Physiol. Band II, pag. 482) hat gezeigt, dass der Erfolg derselbe bleibt, wenn die Schnitte die Mittellinie etwas überragen (Vergl. auch de functionib. nerv. pag. 134). Auch dieses konnte ich bestätigen. Ueber den Erfolg der Durchschneidung *einer* Seitenhälfte spreche ich später.

Die *verticale Leitung* der Bewegungsimpulse wird durch Versuche bewiesen, wie sie bereits pag. 262 beschrieben sind. Das Mark wird von hinten (oben) und von der Bauchseite her an verschiedenen Stellen durch quere Schnitte bis über die Mitte seiner Höhe getrennt. Bereits 1853 habe ich bemerkt, dass willkührliche Bewegung der Hinterbeine dabei fortbestehen kann. Seitdem habe ich diesen Versuch auch bei Fröschen wiederholt.

Die Leitung von *hinten nach vorn* zeigt sich durch spurweise Bewegungen in den Theilen der Vorderextremität nach dem pag. 264 beschriebenen Versuche. Dass diese Bewegungen willkührliche sind, oder sein können, zeigt schon die Beobachtung, dass man sie durch Reizung der Nasenöffnung hervorrufen kann.

Da es nun durch andere Versuche, — von denen wir oben einen angeführt — erwiesen ist, dass die vordere *weisse Substanz* in einiger Entfernung von den Nerven der hinteren Extremität (also vom vierten Wirbel an aufwärts bei Fröschen und im Brustmark der Säugethiere) die motorischem Impulse für die letztere in *longitudinaler*, nicht aber, so viel bis jetzt erkannt werden konnte, in *transversaler* oder *verticaler* Richtung leitet, so müssen wir die Uebertragung in der Dicke, der Quere des Markes und von hinten nach vorn der grauen Substanz beimessen und wir können analog wie für die Empfindungen aussprechen:

Die graue Substanz, insofern sie Bewegung überträgt, thut dies nach allen Richtungen.

Hier wirft sich nun eine Reihe von Fragen auf, deren Beantwortung für jetzt noch weniger versucht werden kann, als die der entsprechenden Fragen in Betreff der Empfindung. Bei dieser besteht ein Unterschied in der Art der Eindrücke, welche von der weissen oder von der grauen Substanz geleitet werden, aber bei der Bewegung wissen wir noch gar nicht, warum zwei solche verschiedene Leitungsapparate hergestellt sind. Wir wissen nicht, wie die isolirte Uebertragung der Willensimpulse auf bestimmte Muskeln ermöglicht ist, obgleich die isolirte Leitung hier mit noch grösserer Schärfe als bei der Empfindung auftreten kann, und es anhaltendem Streben gelingt, selbst die Thätigkeit von Muskeln zu isoliren, die im gewöhnlichen Leben nie einzeln bewegt werden. (So lernte ich z. B. in meinen Versuchen über die Klopfgeister — vergl. Gaz. hebdomad. 1854 — die Contraction des Musc. peronaeas longus nicht nur isoliren, sondern auch die Kraft bestimmen, mit der er sich zusammenziehen sollte.) Wir wissen ferner nicht, ob die der Bewegung dienenden Kugelfasern dieselben sind, wie die ästhesodischen. Da ein Druck, welcher die Bewegung vollständig lähmt, die Empfindung noch sehr energisch bestehen lassen kann, so ist letzteres unwahrscheinlich. Es ist indessen nicht unmöglich, dass die Erklärung von *Lallemand* ihr Recht behalte, dass bei gleicher Veränderung die Bewegung deshalb früher aufhöre, weil sie einen activeren Zustand derselben Nervenfaser in den Centren veraussetze. Bedenken wir aber, dass im peripherischen Nervensystem und in der weissen Substanz bewegende und empfindende Elemente immer getrennt sind, dass bei der Aetherisation, entgegen der Hypothese von *Lallemand*, die Bewegung die Empfindung in den meisten Körpertheilen überdauert, so dürfen wohl für die Bewegung *besondere* Leitungsbahnen auch in der grauen Substanz angenommen werden.

Eine Reihe pathologischer Erfahrungen und sogar das Ergebniss einzelner Versuche macht es wahrscheinlich, dass im Marke zwischen den kinesodischen Systemen für die beiden Körperhälften irgend eine tiefere und vermuthlich *räumliche* Trennung bestehe. Doch ist es bis jetzt noch nicht gelungen, diese aufzufinden.

Wir haben bereits gesehen, dass quere Durchschneidung einer Markhälfte die entsprechende Körperhälfte nicht unbeweglich macht, und ebenso wenig die gegenüberliegende Seite.

Es ist kein genügender Beweis vorhanden, dass sich der Mensch in dieser Beziehung anders verhalte als die Säugethiere.

Die experimentellen Ergebnisse, in welchen in Folge eines Schnittes ins Rückenmark nur eine Seite gelähmt wurde, sind nicht rein genug, um einen Schluss auf die Lage der hier getroffenen Rückenmarkstheile zu gestatten.

Ich habe nämlich drei Versuche aufgezeichnet, in welchen ich mit einem dünnen geradrückigen Messerchen in die linke hintere Seitenfurche des Markes einstach und die Spitze schräg nach vorn richtete, so dass ich das Mark bis zur rechten vorderen Seitenfurche durchbohrte und die vor dem Messer liegenden Theile durchschnitt. Es waren also ein grosser Theil der linken grauen Substanz, ein kleinerer der rechten, der linke Seitenstrang und beide Vorderstränge durchschnitten worden. Anfangs kehrte nach dem Erwachen des Thieres die Beweglichkeit in beiden Hinterfüssen, obwohl schwächer auf der linken Seite zurück. Nachdem die Bewegungen aber einige Zeit zugenommen, wurden die Thiere augenscheinlich schwächer, und es entstand vollständige Paralyse des linken Hinterfusses mit Erhaltung der Sensibilität. Die durch starke Eiterung auch schon äusserlich sich kundgebende Entzündung in der Wunde hatte also allmählich einen Zustand herbeigeführt, der nicht vom eigentlichen Schnitt direct abhängig, nicht ganz genau anatomisch erkannt werden konnte. Es war nicht zu bestimmen, wie weit im Marke sich die secundären Folgen der mechanischen Verletzung ausgedehnt hatten.

Dass wir es aber hier nur mit einer secundären Erscheinung zu thun haben, wird auch dadurch bewiesen, dass in anderen Fällen nach gleicher und ursprünglicher Verletzung beide Füsse beweglich blieben.

Wenn übrigens die *ganze* graue Substanz und der Vorderstrang der *einen* Seite desorganisirt sind, so *muss* auf dieser Seite Hemiplegie entstehen.

Es ist mir gelungen, nachdem ich ein Stück aus der Markhälfte der linken Seite ausgeschnitten hatte, mit einer Nadel von der Schnittfläche aus die graue Substanz der rechten Seite mit Schonung des grössten Theiles des rechten Vorderstranges zu desorganisiren, so dass die hinteren Theile der linken Seite gelähmt wurden, während rechts noch willkührliche Bewegung fortbestand.

d). *Die graue Substanz und die Längsfasern der weissen Vorderstränge sind nicht motorisch.*

Für die graue Substanz und auch für ihre Vorderhörner wird dies ganz auf analoge Art bewiesen, wie ihre Empfindungslosigkeit. Nicht eine Spur von Bewegung erfolgt, auf welche Art man sie auch isolirt reizen möge, nachdem die Vorderstränge entfernt sind. Da sich nun in ihr Elemente befinden, *welche ohne motorisch zu sein*, sehr gut Bewegung leiten, so muss für diese der neue Name von „*kinesodischen*" Elementen eingeführt werden. (Siehe Comptes rend. 1854 Vol. 38 pag. 926). Wir hätten so, wenn die Eintheilung der Ganglienzellen von *Jakubowitsch* und *Owsjannikow*, wie zum Theil wahrscheinlich ist, sich als begründet erweist, kinesodische und ästhesodische Zellen in der grauen Substanz.

Die Bedeutung und die Bezeichnung der von *Jakubowitsch* sogenannten „sympathischen Zellen" als dritter Art beruht jedenfalls auf einer bisher noch gar nicht gerechtfertigten Hypothese. Wir kennen noch keine besonderen „sympathischen, trophischen oder vegetativen" Nervenverrichtungen. Ein grosser Fortschritt liegt aber für die Physiologie in Russland jedenfalls darin, dass diese Forscher hiermit die Unabhängigkeit des Sympathicus von Hirn und Rückenmark abläugnen.

Aber auch die Längsfasern der weissen Vorderstränge sind kinesodisch, obgleich dieselben oft schon für motorisch erklärt wurden.

Es herrschte in dieser Beziehung bis jetzt eine merkwürdige Meinungsverschiedenheit unter den Physiologen. Man reizte die Vorderstränge am oberen Theile des Markes eines lebenden oder eben getödteten Thieres. Wären diese Theile motorisch, so hätte dies stets starke Bewegungen in den hinteren Extremitäten zur Folge haben müssen. Dies hat man aber nicht oder nur selten beobachtet. Viele sahen keine, andere nur inconstante aber auffallend schwache, oder bei *anhaltender* Reizung *discontinuirliche* Bewegungen und nur wenige Forscher erzielten einen genügenden Erfolg, da, wie sie glaubten, in den immer noch sehr zahlreichen Fällen, wo er versagte, die Erregbarkeit der Stränge schon zu sehr gelitten haben konnte. Später sah man ein, dass alle erlangten Zuckungen nichts beweisen, so lange die Reflexthätigkeit des Markes noch vorhanden war, weil alle angewendeten Reize Empfindung erzeugen und diese auf anderem Wege und nicht längs der Hinterstränge Bewegungen der Hinterfüsse erzeugen konnte. Man suchte also die Reflexthätigkeit zu eliminiren durch Verstümmelung des Markes (*Van Deen, Kürschner*) oder indem man abwartete, bis sie nach dem (völligen oder localen) Tode verschwunden war (*Longet*) und wies nun nach, dass Reizung der Vorderstränge und *nur* dieser Bewegung erzeugte. Die geringe Ausdehnung der letzteren war nun noch mit scheinbar grösserem Recht auf die Schwächung der bald verschwindenden Erregbarkeit zu schieben. Die Zuckungen, die man hier bei mässigem galvanischem Reize erzielte (und vermuthlich war es in *Kürschner*'s Versuchen nicht anders als in denen meines hochverehrten Lehrers, denen ich mehrfach beiwohnte) beschränkten sich aber auf die Muskeln, die von den der unmittelbar gereizten zunächst gelegenen Stellen ihre Nerven erhielten, wie dies auch *Stilling* richtig beobachtete. Man konnte also im glücklichsten Falle nur die Nervenwurzeln gleich nach ihrem Eintritt in die Vorderstränge gereizt haben und für die eigentliche motorische Natur dieser letzteren, d. h. ihrer Längsfasern, war mithin Nichts bewiesen. Die Auf-

gabe für eine definitive Lösung der Frage war, alle reflectorische Erregung, zugleich aber jeden Verdacht einer Schwächung oder Aufhebung der Leitung in den Vordersträngen ausschliessen und den Reiz entfernt von der Lendenschwellung anzubringen.

Diesen Forderungen genügte ich in Versuchen, in denen zuerst einem ätherisirten Säugethiere in der Länge von 4 oder 5 Rückenwirbeln die Hinterstränge durch Abziehen resezirt wurden. Man liess darauf das Thier wieder erwachen und überzeugte sich, dass die willkührlichen Bewegungen der Hinterfüsse noch kräftig zurückkehrten. Der Versuch hatte also die Leitung in den Vordersträngen nicht beeinträchtigt, aber von der ihres einzig sensibeln Theiles entblössten Stelle aus jede Reflexbewegung unmöglich gemacht. Reizte ich jetzt diese entblösste Stelle auf nachhaltige Weise, aber so, dass sich der Reiz nicht über sie hinaus fortpflanzen konnte, so entstanden nie Bewegungen der Hinterfüsse, wenn ich auch mit dem Reize von hinten bis auf die Wirbelkörper vorgedrungen war. Nur *die* Muskeln bewegten sich, welche von der Angriffsstelle *direct* ihre Nerven erhielten. Wären die Vorderstränge motorisch, so hätten die Hinterfüsse bei dem noch kräftigen Thiere in Tetanus oder in starke Zuckungen gerathen müssen.

So ist es denn auch erklärlich, dass man, wie auch *Van Deen* gefunden, an Stellen, wo die Hinterstränge keine schmerzempfindenden stark reflectirenden Fasern besitzen, das Rückenmark mit einem scharfen Messer ohne Zuckungen des Hinterkörpers der Quere nach ganz durchschneiden kann. Dies ist mir einige Male am unteren Halsmark junger Kaninchen gelungen. Die *einzigen* motorischen Theile des Markes sind die in den Vordersträngen enthaltenen *queren* oder *schrägen* Fasern, welche aus den Zellen der Vorderhörner entspringend, sich *unmittelbar* in die Nervenwurzeln fortsetzen. Analog wie für die Wurzeln in den Hintersträngen lässt sich auch für diese mittelst sehr beschränkter mechanischer Reizung nachweisen, dass sie in den Vorderhörnern sowohl in schräg aufsteigender, als in schräg absteigender Richtung verlaufen, was übrigens *Stilling* schon anatomisch ermittelt hat.

Die eigentlichen Längsfasern, die in den Vordersträngen zum Hirn aufsteigen, scheinen aber aus den Ganglienkugeln der kinesodischen Substanz zu entspringen und keineswegs directe Fortsetzungen der Nervenfasern zu sein.

Aus den angegebenen Verhältnissen erklärt sich leicht eine angeblich paradoxe Erscheinung, welche schon zu vielen Erörterungen Anlass gab. *Engelhardt*[1]) fand (Müll. Arch. 1841 pag. 206) und von vielen Seiten wurde es bestätigt, dass wenn man einen Stab langsam in die Wirbelhöhle eines enthaupteten Frosches einstösst, oder auf andere Weise das Mark vom Kopf aus allmählich nach hinten gehend reizt, alle Erregungen, die *vor* den 4ten Wirbel fallen, Beugebewegungen der Schenkel erzeugen, bei denen die Füsse gegen die Wirbelsäule geführt werden. So wie aber der Reiz den 4ten Wirbel überschritten hat, entstehen, so lange er noch nach hinten fortrückt, starke Streckbewegungen. Letztere entstehen auch, wenn man den plexus ischiadicus direct reizt. Man hat nun mehrfach gesucht, diese Erscheinungen durch einen Antagonismus des vorderen und hinteren Marktheils zu erklären, vermöge dessen im ersteren die Beugenerven vorwaltend mächtig seien, man hat darauf andere hypothetische Aeusserungen über die Anordnung der Nerven der Strecker und Beuger im Ver-

---

[1]) Wesentlich dasselbe sah vorher schon *Valentin* am blossgelegten Mark (de function. 1839 pag. 134).

laufe des Markes gegründet und die Sache ist einfach die, dass zwar jedesmal, wenn man die motorischen Nerven des Schenkels reizt, starke Streckung entsteht, aber vom Kopf bis über den vierten Wirbel hinaus finden sich gar *keine* motorischen Nerven des Schenkels. Hier ist es nur die Reizung der Hinterstränge, welche im Schenkel Reflexbewegungen erzeugt, die ihn der gereizten Stelle *zuwenden*, also ihn *beugen* müssen. Von dem Punkte an, wo eigentliche *motorische* Nerven gereizt werden, wird aber das Glied gestreckt. Auf dieselbe Weise erklärt sich ein anderer Versuch von *Engelhardt* in Betreff der vorderen Extremitäten. Ganz richtig beschreibt derselbe übrigens, wie der Hinterschenkel beim Einstossen einer Sonde in das Halsmark des geköpften Frosches sich so stark beuge, dass die Füsse über dem Halse zusammentreffen „als wollten sie das Instrument zurückstossen." Wer erkennt hier nicht die Reflexbewegung?

Nachträglich haben wir jetzt noch speciell zu besprechen den

e) *Einfluss der queren Durchschneidung einer Markhälfte.*

Es ist schon oben bemerkt worden, dass dieselbe keine sehr beträchtliche Bewegungslähmung nothwendig nach sich zieht, wie es auch nicht anders sein kann, wenn die Commissuren eine transversale Leitung durch die graue kinesodische Substanz gestatten. Um so wichtiger ist es, in Folgendem darauf aufmersam zu machen, wie diese Operation doch immer einzelne beschränkte Muskelgruppen *schwächt* und, am Halse ausgeführt, sogar andere *lähmt*, so dass hierdurch ein Fingerzeig gegeben ist, wie die allseitige Leitung durch die kinesodische Substanz doch nur für die *meisten*, aber nicht durchaus für *alle* motorischen Combinationen unbegränzte Geltung hat.

Die Versuche von *Fodéra* (1823) und *Schöps* (1827), welche nach Trennung einer Seitenhälfte des Markes vollkommene Lähmung der hinter dem Schnitt gelegenen Theile beobachteten, sind kaum in Betracht zu ziehen. *Van Deen* (1838) *Valentin* (de function. 1839 pag. 100 Nr 29) und *Stilling* (1842) sahen Frösche nach dieser Operation, mochte sie *vor* oder *hinter* dem Abgang der Nerven für die vorderen Extremitäten gemacht sein, noch sehr gut und wie gesund umherspringen. *Van Deen*'s eigenthümliche Deutung dieser Erscheinung hat hier für uns kein Interesse. *Stilling* hat auch diesen Versuch einmal an einer Katze ausgeführt (Tübinger Archiv 1842) und sah noch die Bewegungen fortdauern. *Brown-Sequard* wiederholte dasselbe Experiment, (Comptes rend. 1847 Vol. 24, pag. 389. Separatabdruck ohne Datum pag. 10) und fand bei Fröschen zwar deutliche Fortdauer der Bewegung hinter dem Schnitt, aber weniger deutlich bei Vögeln und bei Säugethieren schien ihm der Hintertheil ganz gelähmt. Nachdem aber *Koelliker* mit *Corti* und *Czermak* (Mikrosk. Anat. 1850 pag. 439) bei Kaninchen dieselben Versuche zwischen zweitem und dritten Wirbel gemacht und noch eine deutliche Spur willkührlicher Bewegung in den Extremitäten auf der Seite der Verletzung gesehen hatten, obgleich auch die der anderen Seite geschwächt waren und das Thier gar nicht mehr stehen konnte, nahm *Brown-Sequard* (Soc. de Biol II, 1851 pag. 195) seine frühere Ansicht zurück und führt Beobachtungen an, nach welchen Meerschweinchen nach der Operation am 4ten Halswirbel „nicht ganz" den Willenseinfluss auf die entsprechenden Extremitäten verloren hatten. Manchmal konnte das Thier noch auf allen Vieren stehen, aber es fiel um, so bald es gehen wollte. Noch mehr geschwächt wurde der Hinterfuss, wenn die Operation am 10ten Brustwirbel gemacht war. Tauben hingegen zeigten zwar eine verminderte Kraft der Bewegungen, aber sie konnten gut stehen und selbst laufen. Vorher aber hatte *Eigenbrodt* (1848) diese Versuche ebenfalls angestellt und gab eine recht gute Beschreibung des Verhaltens der Frösche, an Säugethieren aber war er entschieden eben so unglücklich wie die meisten seiner Vorgänger. *Türk*'s Resultate werden besser weiter unten besprochen.

Meine Erfahrungen an Fröschen stimmen wesentlich mit denen von *Van Deen* und *Stilling* überein. Macht man den Schnitt hoch oben am

vierten Ventrikel, so sieht man in der ersten Zeit und auch später, wenn das Thier seine Bewegungen beschleunigt, dass es häufig statt mit der Sohle, mit dem Rücken der Vorderhand auftritt. Die Bewegungen beider Hinterfüsse schienen mir stets ganz normal, und blieben so, wenn ich auch mit der Verletzung bis zum vierten Wirbel herunterrückte.

Abweichend sind aber meine durch wochenlang fortgesetzte Beobachtung erlangten Resultate an Säugethieren selbst von den Angaben der besseren Experimentatoren insofern ich die Beweglichkeit auf der verletzten Seite einen ungleich höheren Grad erreichen sah, als dies bisher angegeben worden. Wenn man den Versuch bei Hunden hinter dem vierten Cervicalwirbel macht, bleiben sie allerdings, wenn der Schnitt genau die Hälfte theilte, einige Tage liegen und zeigen geschwächte Bewegungen in den Extremitäten der *entgegengesetzten* Seite, noch *geringere* in der *entsprechenden*, deren Füsse stets in einer Art von Streckung erhalten werden. Bald aber — früher bei jungen als bei alten Thieren — nimmt überall die Beweglichkeit zu, und in dem Maasse, als die Hyperästhesie der paretischen Glieder — also die heftige und störende Congestion zum Marke — sich vermindert, lernen sie stehen und gehen. Sobald sie einmal zu gehen anfangen, eilt die freier werdende Beweglichkeit der jetzt nur noch sehr langsam erfolgenden Veränderung der Hyperästhesie voraus; der anfangs grosse Durst nimmt ab, und nach einiger Zeit laufen sie frei und sehr behende auf allen Vieren umher, wobei sich noch eine später immer mehr verschwindende Schwächung der unteren Gelenke des Vorderfusses der operirten Seite zeigt. Der Gang ist aber trotz der freien Beweglichkeit aller Extremitäten kein völlig normaler. Sie gehen immer etwas schief nach einer Seite hin, nie *ganz* gerade vorwärts. Und diese Seite, nach der sie unwillkührlich, auch bei ganz gerader Haltung des Körpers gestossen werden, ist *nicht*, wie man nach einer allgemein verbreiteten Ansicht glauben sollte, *die operirte*, sondern im Gegentheil und merkwürdigerweise die *gesunde*. Denn die Extremitäten der verletzten Seite sind nicht im Ganzen geschwächt, so dass sie dem seitlichen Stosse, den die anderen Füsse bei der Bewegung ausüben, nicht mehr das Gleichgewicht halten könnten, sondern nur diejenigen Muskelgruppen sind geschwächt, welche die beiden Füsse nach *innen* führen. Je kräftiger daher der Hund die Beine bewegt, um so mehr werden sie nach aussen gestreckt und ertheilen somit dem Körper einen Stoss nach der anderen, *gesunden* Seite hin.

Dies ist stets der unmittelbaren Beobachtung klar, aber um so mehr, je hochbeiniger der Hund. Sieht man ihn während des Laufens oder im Stehen von oben her an, so ist die Sache gar nicht zu verkennen. Die gerade Haltung der Wirbelsäule entfernt den Verdacht, als sei diese Erscheinung nur eine secundäre Folge der Contraction der Rumpfmuskeln auf der gesunden Seite. Uebrigens dauert die schiefe Richtung der Bewegung fort, wenn das Thier auch beim Laufen seinen Kopf geradezu nach der verletzten Seite hinwendet. Diese schiefe Richtung wird zu keiner Kreisbewegung, weil beide Extremitäten derselben Seite gleichmässig an der Deviation Theil nehmen. Die Adductoren der Oberarme und Oberschenkel sind übrigens nicht ganz der willkührlichen Zusammenziehung beraubt, sondern nur *geschwächt*. Dies bemerkt man deutlich, wenn das Thier sich auf die Seite zu legen im Begriff ist, oder wenn es mit dem Vorderfuss der verletzten Seite nach innen greifen will, um z. B einen Knochen, den man an einen Faden angebunden, vor ihm hin und herbewegt, festzuhalten. Dass gerade die Adductoren der Füsse von der Durchschneidung einer Markhälfte bleibend ergriffen werden, ist um so merkwürdiger und bedeutungsvoller, als es *dieselben* Muskeln sind, deren Nerven, wie ich bereits vor

14 Jahren nachgewiesen, bei Säugethieren stets auf derselben Seite verbleibend, im Pons keine Kreuzung eingehen. Ein Querschnitt durch die äusserste vorderste Stelle des Pons Varolii erzeugt dieselbe Deviation und dieselbe nur viel stärkere Bewegung in querer Richtung nach der gesunden Seite hin.

Ganz *vollständig* gelähmt sind aber nach der erwähnten Operation die Athemmuskeln des Rumpfes der entsprechenden Seite. Die Athembewegungen haben hier völlig aufgehört, wenn der Schnitt über dem Ursprunge des Phrenicus angebracht war. Die Rippen heben sich nicht mehr, die Bauchmuskeln ziehen sich hier nicht zusammen, das Zwerchfell bewegt sich einseitig und verzerrt sich bei jeder Inspiration nach der gesunden Seite hin. Fällt der Schnitt in das Niveau der unteren Halswirbel, so fehlt die Paralyse des Zwerchfelles, aber die äusseren Athemmuskeln sind stets unthätig und die Brust ist auf dieser Seite bei der Einathmung wie abgeflacht. Wir werden später sehen, dass diese Lähmung ausschliesslich von der Verletzung des *mittleren Stranges* abhängt, dessen Durchschneidung sie bei *ungestörter* Bewegung der Glieder auch isolirt und dauernd hervorrufen kann.

Bei Katzen kann einseitige Trennung des Cervicalmarkes ganz dieselben Erscheinungen hervorrufen, man wird aber wenn man die Beobachtung auf die erste Zeit der Erholung beschränkt, durch einen Umstand leicht irre geführt. So lange sie nämlich noch nicht gehörig stehen können, kriechen sie oft scheinbar nach der verletzten Seite hin, obschon die beiden Füsse der letzteren bei der willkührlichen Bewegung stark nach aussen gerichtet sind. Dies kommt daher, dass diese Thiere ihrer noch mangelhaften Fixation mit den Krallen nachhelfen, die sie in den Boden schlagen und an denen sie den Körper nachziehen. Es ist also kein wahres Kriechen, sondern eine Art von Klettern. Die Krallen müssen aber aus hier nicht zu erörternden Gründen besser an den nach der Seite gestreckten Extremitäten der verletzten Seite, als an den unter der Last des Körpers gebeugten Extremitäten der gesunden Seite hervorgespreizt werden.

Gehen vielleicht die Athemnerven des Rumpfes, die nach dem Obigen der aus der allseitigen Leitung in der kinesodischen Substanz erwachsenden Vorzüge durchaus entbehren, im Rückenmark *gar keine* Verbindung mit den Ganglienzellen ein, und werden sie, direct umbiegend, in den Seitensträngen unmittelbar nach dem verlaufenden Marke hinaufgeführt? Und kommt es etwa daher, dass wir bei rein spinalen Krämpfen (in unregelmässig vermehrtem Reflex durch die graue Substanz bestehend) die Muskeln der Glieder und der Wirbelsäule häufig in die heftigsten Convulsionen und Zusammenziehungen verfallen sehen, während die Athembewegungen der Rippen und des Bauches oft mit bewundernswürdiger Regelmässigkeit fortdauern? Eine Regelmässigkeit, die sich sogar noch erhält, wenn der Krampf auch höher hinauf steigend, schon die Nerven des Larynx ergriffen hat, und sich dann sogar in tönender Inspiration deutlicher ausspricht.

Wie am Ende der vorigen Abtheilung von der Hyperästhesie, so sprechen wir am Schlusse dieser von einer Art von

1) Hyperkinesie.

Brown-Sequard hat gefunden (Soc. de Biologie II. 1851. pag. 105. Arch. génér. Februar 1856 und an vielen anderen Orten), dass wenn Meerschweinchen viele Verletzungen des Rückenmarkes einige Wochen überleben, sich bei ihnen von Zeit zu Zeit, anscheinend spontan oder nach gewissen Reizungen, ausgedehnte vorübergehende, sich mehr oder weniger häufig wiederholende Convulsionen einstellen.

Er fand diese Convulsionen nach folgenden Eingriffen:

1) Querschnitt durch eine Seitenhälfte des Markes,

2) Durchschneidung der Hinterstränge mit den hinteren grauen Hörnern und dem hinteren Theil der Seitenstränge,

3) Querschnitt durch die Hinter-, Seiten- oder Vorderstränge allein. Nach isolirter Verletzung oder Resection der Hinterstränge sah *ich* sie nie.

4) Quere Durchschneidung des ganzen Rückenmarkes.

5) Einfacher Einstich ins Mark.

Die erste und zweite der genannten Verletzungen schienen *Brown-Sequard* in dieser Beziehung am wirksamsten, nach meinen Erfahrungen ist die vierte wenigstens ebenso wirksam wie die zweite. Von den verschiedenen Theilen in der Höhe des Rückenmarkes schienen *Brown-Sequard* am wirksamsten die zwischen dem siebenten Dorsal- und dem dritten Lumbarwirbel gelegene Partie, nach Verletzungen am Halsmark sah er die Convulsionen nur ein Mal und er glaubt, dass dies daher komme, weil ihm die meisten am Cervicalmark operirten Thiere zu früh starben. Ich habe diese Krämpfe bei Hunden schon mehrfach nach Verletzung des Cervicalmarkes und zwar bereits nach der ersten Woche beobachtet. So früh sah sie auch *Brown-Sequard* ausnahmsweise. Aber bei zwei kräftigen Meerschweinchen erschienen sie mir nach Zerstörung des Lendenmarkes sogar nach 3 und 4 Tagen.

Von äusseren Reizungen sind es fast allein solche, welche das Gebiet des Trigeminus und vorzugsweise des Unteraugenhöhlenastes treffen, welche die Convulsionen hervorrufen sollen und zwar soll stets nur der Trigeminus auf der Seite der Rückenmarksverletzung selbst bei leichten Reizen diese Wirkung hervorbringen. Auch Verhinderung des freien Athmens soll diesen Erfolg haben.

Die Convulsionen breiten sich vom Kopfe über den Hals auf den Körper aus. *Brown-Sequard* vergleicht diese Anfälle mit epileptischen, bemerkt aber selbst, dass sie sich wesentlich dadurch zu unterscheiden schienen, dass die Thiere dabei nicht bewusstlos würden, denn sie schrien dabei, wenn man sie kneipte. Uebrigens könne dies Schreien ja auch unbewusste Reflexbewegung sein und so könne man den Vergleich mit der Epilepsie festhalten. Dies ist nicht zulässig nach dem, was ich bei Hunden gesehen, denn wenn ich, während diese Thiere nur am Rumpf solche Convulsionen hatten, und dabei auf dem Boden lagen, rasch die von ihrem Vordertheil abgewendete Thür des Zimmers öffnete, so bemerkte ich manchmal, dass sie den Kopf erhoben und sich umsahen. Je weniger Bewegung die Thiere hatten, und je besser sie gefüttert wurden, um so häufiger wiederholten sich die Anfälle. Es fand sich bei den häufigen Convulsionen der Art unterworfenen Thieren nach *Brown-Sequard* bei der Autopsie ein Congestionszustand der Hirnbasis und des Ganglion Gasseri. Ich habe diese Hyperkinesie auch bei Fröschen und sogar schon wenige Minuten nach querer Durchschneidung des Rückenmarkes beobachtet, es scheint mir, dass analoge Zustände bei Vögeln vorkommen, aber am ausgebildetsten und heftigsten sah ich sie immer bei Meerschweinchen, wo der genannte Forscher auf sie aufmerksam geworden. Uebrigens bedarf diese Erscheinung noch eines viel eingehenderen Studiums. Es scheint mir, dass einige Thiere z. B. Rana esculenta (nicht temporaria und oxyrhyncha) verwandte Erscheinungen selbst nach Durchschneidung mehrerer Nervenwurzelpaare oder der grossen Nervenplexus an der Wirbelsäule darbieten können. Eine theoretische Auffassung dieser Erfahrungen habe ich angedeutet Gaz. hop. 1855 Nr. 117. Diese Auffassung müsste fallen, wenn es, wie *Brown-Sequard* nach seinen Versuchen annimmt, feststünde, was ich nie gesehen, dass eine isolirte Durchschneidung der Hinterstränge *ohne Verletzung der Hinterhörner* jene Zuckungen schon erzeugen könnte. Wie aber bereits *Funke* bemerkt, bieten *Brown-Sequard*'s Angaben keine Garantie dafür, dass er nach seiner Methode die Hinterstränge ganz isolirt zerstört habe.

Zum Schlusse begnügen wir uns auf einige sonderbare Resultate aufmerksam zu machen, die *Brown-Sequard* nach Durchschneidung einer grösseren Zahl von Nervenwurzeln neben dem Rückenmark erhalten hat und über die uns kein eigenes Urtheil zusteht. Der Hinterfuss zeigt sich nach Durchschneidung der 5 oder 6 hintersten Dorsalwurzeln und der zwei ersten Lendenwurzeln (die ihm *keine* Nerven zusenden[1]) in seinen Bewegungen anfangs ausserordentlich geschwächt, und wenn er sich auch nach einigen Stunden und noch mehr nach einigen Tagen wieder erholt, erlangt er doch, selbst in viel späterer Zeit seine

[1]) Ausser Gefässnerven nach meinen 1855 publicirten Untersuchungen.

normale Kraft nicht ganz wieder. Eine solche Operation soll auch, wenigstens gleich nach ihrer Ausführung, die Verbreitung der Reflexbewegungen von den vorderen auf die hinteren Extremitäten aufheben. Es scheint dem genannten Forscher daher, dass ein (vielleicht grosser) Theil der vom Hirn stammenden Bewegungsfasern für die Hinterfüsse nicht bis zu der Lendenanschwellung ganz im Marke verläuft, sondern durch die Wurzeln der Dorsalnerven austritt, um sich durch dieselben wieder zurückzubegeben. (Gaz. med. 1856 Nr. 23). Die frühere oder spätere *Rückkehr* oder beträchtliche *Wiederherstellung* der Function trotz der fortdauernden Trennung der Wurzeln, lässt diese Theorie genügend würdigen.

C. *Corollarien.*

Die folgenden Sätze, die unmittelbar aus den bisher vorgetragenen Lehren über die Leitung im Rückenmarke entnommen sind, sollen zeigen, wie eine Reihe längst bekannter Krankheitssymptome, bei deren Erklärung die bisherige dogmatische Physiologie des Rückenmarkes sich in die grössten Widersprüche mit sich selbst und mit der klinischen Beobachtung verwickelte, sich auf ihre anatomischen Bedingungen zurückführen lassen. Diese Corollarien gelten freilich unmittelbar nur für die Thiere, an welchen unsere Untersuchungen angestellt sind, und unter der Voraussetzung, dass wir ihre Ergebnisse richtig gedeutet. Da aber kein Grund vorliegt, eine Verschiedenheit des *menschlichen* Rückenmarkes von dem in physiologischer Hinsicht übereinstimmenden *aller* übrigen Wirbelthierklassen anzunehmen, so tragen wir kein Bedenken, unsere Aussprüche auch für den Menschen als maassgebend hinzustellen, oder wenigstens als eben so viele Fragen, welche ein physiologisch geleitetes Krankenexamen in Verbindung mit einer künftigen pathologischen Anatomie der Nervencentra zu beantworten haben wird.

Vorläufig werden wir freilich eine klinische Bestätigung unserer Ansichten nicht erwarten dürfen, so lange das Interesse für die morphologische Verschiedenheit und die Entwicklungsgeschichte der einzelnen in jedem Gewebe vorkommenden Krankheitsproducte, die minutiöseste Berücksichtigung der topographischen Verhältnisse bei den Leichenöffnungen zurückdrängt; so lange das Mikroskop hartnäckig jede Auskunft über eigentlich leitungshemmende Krankheiten in der grauen Substanz verweigert, so lange selbst die Erkrankung der weissen Stränge gewöhnlich mehr nach äusseren physikalischen Kennzeichen beurtheilt wird, deren physiologische Bedeutung keineswegs feststeht.

Trotzdem wäre es mir möglich gewesen, vielen der folgenden Sätze eine Reihe von bestätigenden Beispielen aus klinischen Schriftstellern beizufügen, aber ich verspare dies lieber auf eine andere Gelegenheit, wo der Raum es mir gestattet, die einzelnen Fälle und auch die in der Literatur vorkommenden scheinbaren *Ausnahmen* ausführlich und kritisch zu besprechen. Dem Kenner wird es aber nicht entgehen, dass Manches, was die bisherige Lehre als Ausnahme hinstellen musste, hier im Einklange mit dem Ergebniss der Versuche schon seine Einreihung in die Regeln findet.

Auch wir erkennen in einer vollkommen ausgebildeten klinischen Beobachtung die höchste und letzte Autorität für die Physiologie des menschlichen Nervensystems. Manche Fragen, und gerade von den interessantesten, sind durchaus *nur* auf klinischem Wege zu lösen. Aber bei dem gewöhnlich auf veraltete, längst als ungenügend erkannte Schablonen gestützten Krankenexamen, bei der Unbrauchbarkeit der meisten, den Mangel aller physiologischen Detailkenntniss verrathenden Krankengeschichten, welche die vielfachen Symptome der Rückenmarks-

leiden in das Prokrustesbett weniger eingelernter Dogmen zwingen wollen, und wo dies nicht angeht, gleich nach Mitteln rufen, um den vermeintlichen „Proteus" festzubannen, bei dem erwähnten trostlosen Zustande der pathologischen Anatomie der Nervencentra, die allein vom klinischen Standpunkte ausgehend für das Rückenmark bisher auch nicht einen *einzigen* gültigen Satz *begründen*, auch nicht ein einziges von den abenteuerlichsten der bisher aufgestellten Theoreme genügend *widerlegen* konnte, halten wir es für Pflicht der experimentellen Richtung, einmal selbst die Initiative zu ergreifen, und wir zweifeln nicht, dass dies auch jetzt schon mit gutem Erfolge, wenigstens für die *Symptomatik* der Rückenmarkskrankheiten, geschehen werde.

Durch die folgenden Sätze soll hierzu der Anfang gemacht werden. Dieselben sind allerdings „am Schreibtische ausgearbeitet"; aber wir haben dies sicher nicht als Vorwurf zu fürchten, wenn man sich erinnert, dass dieser „Schreibtisch" — neben dem Laboratorium steht.

1) Obgleich, im Gegensatz zu einer oft wiederholten Behauptung, eine *auf eine kleine Stelle beschränkte* Desorganisation der Hinterstränge nicht Verlust der Schmerzempfindlichkeit des Hinterkörpers und ein entsprechendes Leiden der Vorderstränge nicht Verlust der Bewegung hervorzubringen im Stande ist, so muss eine Zerstörung des ganzen *Verlaufes* der Hinterstränge — Anästhesie — und eine entsprechende Zerstörung der Vorderstränge — Paralyse — herbeiführen.

Eine Zerstörung im ganzen Verlauf der Stränge beeinträchtigt nämlich auch die sie quer oder schräg durchsetzenden Nervenwurzeln des ganzen Hinterkörpers, und nur diese Zerstörung der Wurzeln, und nicht die Lähmung der Längsfasern der weissen Stränge ist es, deren Wirkung hier hervortritt. Wenn also auch die Pathologie in mannichfachen Erfahrungen den obigen Satz bestätigt hat, so ist es noch nicht erlaubt, aus demselben irgend eine Folgerung über die positive Rolle der weissen Stränge zu ziehen. Vielmehr zeigt die Fortdauer der Bewegung und des Schmerzgefühls bei local beschränkter Entartung in Uebereinstimmung mit den Versuchen, dass diesen Strängen als solchen *nicht* die ihnen gewöhnlich zugeschriebenen Leitungsvorgänge ausschliesslich oder grösstentheils übertragen sind.

2) Wenn *vollständige Anästhesie* der unteren Körpertheile das Product eines Leidens ist, welches das Rückenmark nur an einer beschränkten Stelle, etwa im Bereiche nur eines, oder einiger Dorsal- oder Cervicalwirbel ergriffen hat, so müssen an der erkrankten Partie sowohl die Hinterstränge als die gesammte ästhesodische Substanz (selbst in den Vorderhörnern) entartet sein. Da aber eine Krankheit schwerlich die ästhesodischen Elemente allein, ohne die innig mit ihnen vermengten kinesodischen ergreifen wird, so lässt vollständige Anästhesie auf ein Leiden in der ganzen Dicke der grauen Substanz schliessen und die stets *geschwächte* Bewegung scheint hier nur noch durch die Vorderseitenstränge vermittelt zu werden.

3) *Vollständige Paralyse* in allen Körpertheilen hinter einer in beschränkter Längenausdehnung erkrankten Markstelle kann auftreten:

a) Ohne alle Beschränkung der Sensibilität, und sogar mit einem gürtelförmig nur um das Niveau der leidenden Stelle herumziehenden Schmerz, bei bloser Compression des Markes durch Erweiterung der Gefässe mit Erguss, Exsudat oder Leiden der Markhüllen.

Diesen Ausspruch bestätigen viele Erfahrungen und auch des gürtelförmigen Schmerzes wird in denselben häufig gedacht. Derselbe ist eine excentrische Erscheinung in Folge des Druckes auf *alle* Nervenwurzeln einer bestimmten Gegend, die neben der erkrankten Stelle liegen.

Wenn *alle* peripherischen Nervenendigungen, die nur zu einer und derselben Wurzel gehören, zu schmerzen scheinen, wird der Schmerz nothwendig einen Halbring um den Körper bis zu dessen vorderer Mittellinie bilden. Ist der Druck noch verstärkt, so können auch die Hinterstränge local gereizt werden. Dieselben können aber dann vermöge ihrer eigenthümlichen Funktion im ganzen Hintertheile keinen *Schmerz*, sondern nur eine krankhafte Erscheinung angeregten Tastgefühls, Prickeln, Ameisenkriechen, oder das Gefühl einer fortwährenden undeutlichen Berührung der Theile — Pelzigsein — erzeugen, und auch dieses Symptom kommt öfters in hierher gehörigen Beobachtungen vor.

b) Ohne Beschränkung der Sensibilität und ohne allen gürtelförmigen Schmerz muss vollständige Paralyse auftreten bei Leiden der Vorder-Seitenstränge und der gesammten kinesodischen Substanz. (Wenn letztere nämlich isolirt ohne die ästhesodische ergriffen werden kann.)

c) Sollte es sich als sicher herausstellen, dass die centralen Theile der grauen Substanz (wie dies die physiologischen Versuche zu glauben *gestatten* und die mikroskopische Analyse vielleicht andeutet) keine kinesodischen Elemente enthalten, die der Länge nach leiten, so wäre eine vollständige Paralyse des Hinterkörpers zu erwarten, wenn irgendwo in beschränkter Längenausdehnung die Vorder-Seitenstränge, die vier grauen Hörner und die *Rolando*'sche gelatinöse Substanz ergriffen sind. Spontaner Schmerz fehlt dabei, die Schmerzempfindlichkeit ist erhalten; aber wegen gleichzeitiger Verringerung der Querausdehnung des ästhesodischen Gebietes (siehe oben pag. 245) ist die Schmerzempfindung verlangsamt.

In solchen Fällen wird wahrscheinlich — was ich noch nirgends angegeben finde — bei einem schmerzerregenden Eindruck der Kranke wegen Integrität der Hinterstränge *sogleich* die Berührung und erst merklich *später* den mit ersterer gleichzeitigen Schmerzeindruck empfinden.

d) Paralyse tritt auf bei Leiden der Vorderstränge und der gesammten grauen Substanz. Hier ist (siehe oben pag. 242) auch die Schmerzempfindlichkeit ganz *verloren*, die Tastempfindlichkeit aber erhalten.

e) Leiden der kinesodischen Substanz und einzelner Faserungen der Vorderstränge bedingt eine nur auf bestimmte Theile — mit Ueberspringung Anderer — beschränkte Paralyse.

4) Contracturen und Convulsionen im Gebiete der *hinter* der leidenden Stelle entspringenden Nerven können *nie* die Folge sein einer isolirten, reizend wirkenden Affection der Vorder-Seitenstränge oder der grauen Substanz, da keine motorischen Fasern, d. h. keine, die nach Reizung Bewegung hervorrufen, das Rückenmark der Länge nach durchziehen.

5) Die eben genannten Symptome können bei Krankheit der Vorderstränge aber vorübergehend auftreten, *ausschliesslich* in *den* Muskeln, die von den die leidende Stelle selbst quer durchsetzenden motorischen Nervenwurzeln aus innervirt werden, also in den Theilen, die im Niveau der erkrankten Stelle liegen.

Es ist dies das Analogon des schmerzenden Gürtels bei Leiden der Gefühlswurzeln. Bei Leiden des Vordertheiles des Lendenmarkes (und nur des Letzteren) können also Convulsionen oder Contracturen in den Füssen entstehen.

6) Convulsionen der unteren Extremitäten, und eine Starre derselben — meist mit Contraction, bei sehr grosser Erregbarkeit auch mit Extension — die ihre freie Bewegung unmöglich macht, kommt auch bei Leiden höherer Abtheilungen des Markes in der Dorsal- oder Cervical-

gegend vor. Dann ist sie aber eine Folge von Krankheit der *Hinterstränge* oder der sie durchsetzenden Nervenwurzeln, welche reflectorisch auf die bewegungsleitenden Theile wirken.

Die Convulsionen oder Contracturen können hier *„spontan"* auftreten, oder es kann durch Congestion der Hinterstränge eine so grosse Erregbarkeit in den peripherischen Nerven vorhanden sein, dass jede äussere Berührung Krämpfe erzeugt, die oft die sonderbarsten Formen annehmen. Hierher gehören die Fälle, welche in früherer Zeit, nach unrichtigen physiologischen Prämissen, als eine Krankheit der *Vorderstränge* betrachtet, dadurch so vieles Aufsehen machten, dass die Section gerade das Gegentheil von dem auswies, was man erwartet hatte.

Convulsionen der Füsse in Folge einer Krankheit des Dorsal- oder Cervicalmarkes setzen übrigens nicht *immer* eine Krankheit der *Hinterstränge*, als der einzig erregbaren und gegen Reize empfindlichen Theile des Markes voraus, denn es wäre auch denkbar, dass sich irgend eine Veränderung der reflectirenden grauen Substanz, analog der durch narkotische Gifte erzeugten, eingefunden hätte. In diesem Falle fehlen die anderen, sogleich noch weiter zu erörternden Symptome einer Krankheit der Hinterstränge.

7) Ist Contractur vorhanden, so kann dieselbe ausser von den unter 6) angeführten Veränderungen auch durch leichten *Druck* auf das Mark erzeugt sein. Im letzteren Falle beruht, was freilich oft schwer zu erkennen ist, die Contractur auf einer Lähmung der Extensoren und sie löst sich im Schlafe, selbst bei *sehr ruhigem* Liegen während des Wachens und bei leichteren Graden der Aethernarkose, während Starre aus Reizung der Hinterstränge erst bei viel höheren Graden der Aethernarkose aufgehoben wird.

8) Krankheit der Hinterstränge kann auch (nach den Reflexgesetzen) Convulsionen und Contractur von höher gegen den Kopf gelegenen Theilen hervorrufen.

So ist es vorgekommen, (vergl. *Nasse,* Untersuchungen zur Physiologie, pag. 245, *Bieger,* de regionibus med. spinal. Bonn 1832) dass eine Krankheit des tieferen Dorsalmarkes die Beweglichkeit der Arme beschränkte.

9) Krankheit *eines* Hinterstranges, welche *geringere* Reflexe hervorruft, beschränkt ihre Wirkung auf die Glieder der entsprechenden Seite.

Da wir es hier mit Reflexwirkungen zu thun haben und diese, wie wir wissen, in der Regel die bewegten Extremitäten gegen den Punkt der Reizung *hinführen* oder ihm die Glieder *nähern,* so sollte man vermuthen, dass Krankheit des Dorsaltheiles der Hinterstränge, wenn sie auf beide Extremitäten derselben Seite wirkt, Beugung der unteren und Streckung der oberen hervorrufen könnte. Dies hat die Erfahrung bis jetzt nicht bestätigt.

10) Isolirte und auf einen kleinen Raum oberhalb des Ursprunges der cauda equina beschränkte Entartung der weissen Hinterstränge bewirkt:

a) Wenn sie *reizend* eingreift excentrische Erscheinungen. Diese sind, wie schon oben angedeutet, doppelter Art. Schmerz, spontan oder bei Druck (z. B. auf die Rückenwirbeldornen) besteht nur in denjenigen Nerven, deren Wurzeln quer durch das erkrankte Markstück verlaufen, also nur in Form eines Gürtels oder Halbgürtels in der Höhe der Degeneration und (weil einige Nervenwurzeln schräg abwärts in's Mark einstrahlen) etwas oberhalb derselben. Die Längsfasern der Hinterstränge werden als *tast-* und *kitzelempfindende* im ganzen Rest des Hinterkörpers das subjective Gefühl einer beständig wechselnden, stets

auf's neue angeregten Tastempfindung erwecken. Daher das in solchen Krankheitsgeschichten fast immer erwähnte Ameisenkriechen mit wechselnden Wärme- und Kältegefühlen. Die Schmerzempfindlichkeit der Hintertheile wird nicht aufhören, sie ist im Gegentheil erhöht (Hyperästhesie), so lange die Hinterstränge hyperämisch sind (Vergl. oben pag. 276). Combinirt sich ein solches Leiden der Hinterstränge mit einer lähmenden Affection der im Marke aufsteigenden Gefässnerven, so werden die Hintertheile etwas wärmer als normal, aber die vorhandene Hyperästhesie kann diese nur wenig gesteigerte Wärme subjectiv als lästige oder unerträgliche Hitze erscheinen lassen.

b) Wenn sie *lähmend* wirkt, ist um den Körper in der Höhe der gelähmten Nervenwurzeln ein völlig *anästhetischer* Reif, während oberhalb und unterhalb desselben die Empfindung für Schmerz und Druck fortbesteht. Dieser Reif hat wegen des eigenthümlich in einander verflochtenen Verlaufes der Nervenwurzeln in der weissen Substanz keine ganz scharf abgeschnittenen Gränzen, und er kann daher, je nach der Art der Untersuchung (mittelst einer Nadelspitze), bald breiter, bald schmäler erscheinen, so dass selten zwei auf einander folgende Prüfungen ein völlig gleiches Resultat geben werden.

Unterhalb dieses Reifes fehlt die Kitzel-, Tast- und die genaue Temperaturempfindung. Schmerz oder Druck wird recht gut *wahrgenommen*, aber, wie es scheint, immer mangelhaft *localisirt*. Die Untersuchung mittelst des *Weber*'schen Tastenzirkels zeigt die sogenannten Empfindungskreise ausserordentlich vergrössert.

Türk hat schon (Wiener Zeitschrift der Aerzte 1850) darauf aufmerksam gemacht, dass anästhetische Bezirke grösser erscheinen, wenn man die Untersuchung von den gesunden Theilen ausgehend vornimmt, kleiner aber, wenn man von den kranken aus allmählich auf die gesunden übergeht. Diese sonderbare Beobachtung scheint nur darauf zu beruhen, dass es Gränzbezirke gibt, in denen die Empfindung zwar *vorhanden*, aber so schwach ist, dass sie nicht bemerkt wird, wenn *vorher* durch Stechen der gesunden Theile lebhafte Schmerzempfindung erregt worden war. Es fallen so diese Gränzbezirke in das Gebiet der empfindungslosen. Geht man aber von letzterem aus, und gelangt man an die Gränze, so wird durch den Contrast selbst die schwache Empfindung bemerklich, und das Gebiet der Anästhesie erscheint kleiner. Wo aber die Anästhesie im Bereiche des Rückenmarkes liegt, kann die Untersuchung, wenn sie nicht absolut ganz in einer und derselben Linie wiederholt wird, auch noch deshalb schwankende Resultate geben, weil an der Gränze wirklich gefühllose Punkte noch zerstreut zwischen fühlenden vorkommen müssen, je nachdem die entsprechende Nervenfaser in den Hintersträngen etwas schräger verläuft und so noch die kranke Stelle erreicht, mehr der queren Richtung sich nähert und so über oder unter dem kranken Punkte hinweggeht.

c) Wo eine am Anfang erregend wirkende Krankheit, z. B. Erweichung, sich von unten nach oben am Marke fortpflanzt, wandert mit ihr der schmerzende Reif und hinterlässt, je nach dem Zustande der zuerst ergriffenen Stellen, einen sich nach oben langsam verbreiternden anästhetischen Reif. Unterhalb desselben fehlt das *objective* Tastgefühl am Hinterkörper und statt dessen finden sich excentrische Erscheinungen eines *subjectiven* alienirten Tastsinnes (Ameisenkriechen, Pelzigsein).

11) Wo bei ungestörter Bewegung ein schmerzender Reif ohne Alienation des Tastgefühles vorhanden ist, leiden allein die Nervenwurzeln neben dem Marke, oder im Innern der Hinterstränge, ohne Theilnahme der Längsfasern der letzteren.

12) Auch wo ausser den Hintersträngen noch die ganze ästhesodische Substanz oder alle Theile des Markes leiden, können *hinter* der

kranken Stelle excentrisch nur veränderte Tastgefühle, aber keine Schmerzen, zu Stande kommen.

Alle (nicht sehr zahlreichen) Krankheitsfälle, wo bei angeblichen Leiden der höheren Theile des Markes *Schmerzen* z. B. in den Füssen vorhanden waren, lassen schliessen, dass die Veränderung sich bis zum Lendenmark und den Wurzeln der cauda equina erstreckte.

13) Eine Rückenmarkskrankheit, die erst Convulsionen und dann vollständigen Verlust der willkührlichen Bewegung im Bereiche von weiter nach hinten abgehenden Nerven bewirkt, erstreckt sich auf Vorder- und Hinterstränge und die kinesodische Substanz, sie braucht aber in den empfindungsleitenden Theilen nicht so weit zu gehen, um vollständige Anästhesie zu erzielen.

14) Eine Krankheit des Halsmarkes, welche bei Lähmung der Extremitäten und des Rumpfes die respiratorischen Bewegungen des letzteren vollständig bestehen lässt, erstreckt sich nicht auf die Seitenstränge.

15) Isolirte Degeneration *eines* Seitenstranges hebt nur die Respiration auf dieser einen Seite auf. Wenn beide Seitenstränge unterhalb des vierten Wirbels leiden, athmen die unteren Rippen nicht mehr und die Respiration wird stark abdominal.

16) Wo der untere Theil des Rückenmarkes gelähmt ist, werden die zwischen den verschiedenen Muskelgebieten des Oberkörpers actu oder potentia bestehenden Mitbewegungen häufig viel stärker und auffallender.

Dies erläutert sich aus den Versuchen über Reflexbewegung (Siehe oben pag. 202). So bemerkte ich oft, dass Leute, die an den Füssen gelähmt waren, nicht nur beim Sprechen sehr stark gesticulirten, sondern auch bei schwächeren Anstrengungen der Arme, die Gesichtsmuskeln in eben so starke Mitbewegung versetzten, wie es bei Gesunden nur bei dem höchsten Kraftaufwande der Fall ist.

17) Da eine schmale Brücke erhaltener grauer Substanz, z. B. ein Vorder- oder Hinterhorn, genügen kann, Bewegung und Schmerzempfindung zu übertragen, die aber so isolirte graue Substanz, besonders wenn sie von verflüssigten Theilen umgeben ist, nach dem Tode sich sehr rasch erweicht, so begreift man, wie so in manchen Fällen, trotz der Fortdauer von Bewegung und Empfindung, bei der meist nach wenigstens 24 Stunden vorgenommenen Leichenöffnung sich eine scheinbar vollständige Aufhebung des Zusammenhanges zwischen dem oberen und dem unteren Theile des Markes vorgefunden haben sollte, so dass ein trennender Raum zwischen beiden nur durch Flüssigkeit erfüllt gewesen sei.

Hierher gehört z. B. der seiner Zeit grosses Aufsehen erregende Fall von *Rüllier* (Mag. Journ. III, pag. 182), aus dem man damals vermuthungsweise ableiten zu können glaubte, dass selbst die erhaltenen Hüllen des Markes noch leitungsfähig seien.

18) Die eben angeführte physiologische Erfahrung findet auch ihre Anwendung auf manche sehr bedeutende Verwundungen des Markes, welche dessen Function nicht störten.

19) Es gehört zu den sehr seltenen Fällen, dass nach einer Veränderung des Rückenmarkes Gefühl oder Bewegung nur auf *einer* Seite dauernd verloren gehen. Vergleiche hierüber pag. 267.

Wir haben oben (pag. 289) gesehen, dass die Durchschneidung einer Hälfte des Markes die Adductoren des Schenkels dauernd schwächt. Die Nerven dieser Muskeln scheinen also weniger als die anderen Mus-

kelnerven vielseitige Verbindungen in der grauen Substanz einzugehen. In der That sehen wir auch bei Menschen, wenn eine Markhälfte mehr als die andere geschwächt ist, diese Muskeln vorzugsweise ergriffen. Der Fuss wird daher, wenn er nach vorn gesetzt werden soll, wegen mangelnder Fixation nach innen, zuerst nach *aussen* gezogen. Beim Menschen ist aber das Becken mehr als bei den Säugethieren horizontal fixirt, und so kann der schief nach aussen gezogene Fuss den Boden nicht erreichen, und den Körper nicht, wie beim Hunde, seitwärts stossen. Der Fuss geht darum weiter nach vorn und in einem *Halbkreise* wieder nach innen. Ein solches *nach aussen Werfen* des vortretenden Fusses sieht man bei vielen Rückenmarkskranken, deren übrige Bewegungen noch ungestört sind. Häufig wird diese Art der Bewegung von den Aerzten mit dem einfachen Nachschleifen des Fusses verwechselt, welches z. B. nach alten Apoplexien und in anderen Zuständen auftritt, bei denen entweder alle Muskeln oder besonders die Beuger geschwächt sind.

Ueber die anatomischen Bedingungen, unter denen eine Hälfte des Körpers durch Erkrankung des Markes gefühllos werden kann, ist schon pag. 261 verhandelt worden. Wir haben auch hier gesehen, dass Zerstörung nur *einer* Markhälfte nicht genügt, die eine Körperseite anästhetisch zu machen, und dass nur die am *meisten* nach aussen gelegene Schicht der ästhesodischen Substanz vorzugsweise *einer* Körperhälfte, und zwar der entgegengesetzten entspricht. Wenn ich hier sage „vorzugsweise" und wenn ich überhaupt eine Trennung der empfindenden Systeme beider Körperhälften nur „nahezu" statuirt, so gründe ich mich dabei weniger auf das Resultat der Versuche, als auf eine pathologische Beobachtung von *Boyer* (Traité des maladies chirurgicales, Tome VII, pag. 9), die bis jetzt noch vereinzelt dasteht.

Ein Mann, der nach einem Degenhieb in die Halswirbelsäule auf einer Seite gefühllos wurde, gab an, dass wenn man ihn nahe der Mittellinie dieser Seite kneipte, er hier gar nichts fühle, aber er empfinde es sehr schwach am entsprechenden Punkte der anderen Körperhälfte. Es scheint also dies eine Verbindung zwischen den für beide Seiten bestimmten ästhesodischen Ganglienkugeln anzudeuten [1]).

Zum Schlusse dieser Erörterungen glaube ich noch auf einen anderen Punkt hinweisen zu müssen, über den mir genaue Untersuchungen fehlen. Es scheint mir, als würde nach Verletzung der Vordertheile des Rückenmarkes die nach hinten abgehenden motorischen Nerven durch einen äusseren Druck bei weitem leichter unthätig, als bei unverletztem Marke. Die wiederholte Beobachtung, auf die ich diese Ansicht gründe, ist folgende: Nach Durchschneidung der Vorderstränge und der grauen Substanz bis zu einer gewissen Tiefe am Anfange

---

[1]) So eben erhalte ich einen Brief von ***Van Deen,*** in welchem folgende Stelle vorkommt: „Wie kann man ein Symptom erklären, das ich einige Male bei Kranken (Paralytischen) wahrgenommen habe? Sehr starke Agentia, z. B. Brennen oder Einreibung mit stark irritirenden Salben, wie Oleum Sinapeos, die auf die gelähmte Seite wirkten, riefen Schmerz auf der anderen Seite hervor und zwar an einem dem gereizten Theile ganz correspondirenden Punkte." Da ***Van Deen,*** wie es scheint, die analoge Wahrnehmung von ***Boyer*** entgangen ist, so war er sicher, bei der erwähnten auffallenden und „einige Male" gemachten Beobachtung nur um so misstrauischer und unbefangener. Ich wünschte sehr die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf diesen Punkt zu lenken. Hierher gehört vielleicht auch, was ***Treviranus*** (Biologie V, pag. 370) berichtet, dass in einigen Fällen Reizung der einen Seite Schmerzen in der anderen hervorgerufen haben sollen.

des Lendenmarkes ist öfters die normale Contraction der Blase und zum Theil der Bauchwände aufgehoben, während geschwächte Bewegung aller Gelenke der hinteren Extremitäten fortbesteht. Der Urin sammelt sich jetzt in der Blase und ich habe bemerkt, dass wenn letztere sehr ausgedehnt war, die Bewegungen der Füsse viel kraftloser erschienen, aber sehr bald an Energie zunahmen, sobald ich die Blase durch äusseren Händedruck entleert hatte. Eine weitere Untersuchung wird entscheiden müssen, wie viel hier dem unmittelbaren Drucke auf die Lendengeflechte und wie viel einer durch die gefüllte Blase bewirkten Circulationsstörung zuzuschreiben ist. Ich erinnere daran, dass *Miquel* (Archiv für gemeinschaftliche Arbeiten I, pag. 386) gefunden hat, dass bei allgemeiner Schwächung oder Ermüdung des Nervensystems Druck auf die sensibeln Nerven viel schneller die bekannten Phänomene des Ameisenkriechens, Eingeschlafenseins u. s. w. hervorruft.

Der Einfluss des Rückenmarks auf die Respiration, Circulation, Ernährung, Wärme, Verdauungsthätigkeit u. s. w. wird uns an den geeigneten Stellen beschäftigen.

II. NERVENBAHNEN IM VERLÄNGERTEN MARK.

Vom fünften oder vierten Halswirbel an nach aufwärts treten ganz allmählich in der relativen Lage der Markstränge und in deren Verhältniss zu der grauen Substanz eine Reihe von Veränderungen ein, die in anatomischer Beziehung zum grossen Theil von *Stilling* (Untersuchungen über die Medulla oblongata. Erlangen 1843. Ueber den Bau des Hirnknotens. Jena 1847) recht anschaulich beschrieben worden sind. Wir könnnen uns hier nicht näher mit den anatomischen Daten beschäftigen und werden nur in so fern auf sie verweisen, als *Stilling*'s Entdeckungen durch den Versuch bestätigt werden oder das Resultat desselben zum Theil erklären können.

Unsere Kenntnisse der Leitungsbahnen in der Medulla oblongata sind noch bei weitem lückenhafter als beim Rückenmark. Der Versuch hat bis jetzt nur über sehr wenige Punkte Auskunft gegeben.

Mehrere Umstände vereinigen sich hier, um den Bemühungen des Experimentators zu trotzen, der die Function der einzelnen anatomisch getrennten Markpartien erforschen will.

1) Die weissen Stränge werden immer mehr von grauer Substanz durchsetzt, die sich zwischen die Faserung eindrängt, wo sie bald grössere Ansammlungen (Kerne) bald mikroskopische Zellenreihen bildet. Diese innige Vermischung mit einer Substanz, deren vielseitige Leistungen uns schon beim Rückenmark so grosse Schwierigkeiten bereitete, muss hier eine Sonderung der verschiedenen Bahnen noch viel mehr erschweren.

2) Es treten hier neue Bündel von Markfasern auf, die sich weder physiologisch noch anatomisch als eine directe Fortsetzung der Rückenmarkstränge betrachten lassen und deren Function uns noch entgeht.

3) Die Blosslegung, wenigstens der oberen Theile des verlängerten Markes, ist mit so grossen Schwierigkeiten verknüpft, und erfordert so eingreifende Operationen, dass die Versuchsmethode hierdurch sehr erschwert wird und dass es zum Theil unmöglich wird, die Thiere so lange lebend zu erhalten, wie es nach unseren bisherigen Erfahrungen

zur Erlangung eines sicheren Urtheiles über die directen Folgen der von uns beabsichtigten Verletzung erforderlich ist.

4) Die verschiedenen hier zu beachtenden Theile sind so klein und so massenhaft auf einen engen Raum zusammen gedrängt, dass es sehr schwer ist, einen einzigen nur überhaupt zu verletzen, noch schwerer aber oder fast unmöglich wird es, den schädlichen Einfluss zu vermeiden, den ein solcher Eingriff immer auf die nicht unmittelbar getroffenen Nachbartheile ausübt und der sich, wie wir schon beim Rückenmarke gesehen, erst sehr spät wieder verliert.

5) Ein Theil der hier in Betracht kommenden Gebilde steht mit wichtigen, für die Erhaltung des Lebens unentbehrlichen Functionen in so naher Beziehung, dass die Thiere unmittelbar sterben, wenn diese Marktheile zerstört oder nur bei Berührung ihrer Nachbarschaft zu stark erschüttert werden, und wir können dann nicht entscheiden, ob der fragliche Eingriff ausser der Lähmung, welche als schnelle Todesursache wirkt, auch *direct* noch andere Functionsstörungen hervorgerufen hätte.

Alle sensibeln Eindrücke, welche vom Rumpfe dem Gehirne mitgetheilt werden sollen, alle willkührlichen Bewegungsantriebe, welche auf die motorischen Spinalnerven einwirken, müssen, so viel bekannt ist, das verlängerte Mark durchsetzen, wir haben also nach den Bahnen zu fragen, welche wir hier als auf- oder absteigende Correlate der verschiedenen Rückenmarksstränge betrachten können.

Das verlängerte Mark ist aber nicht blos Leitungsorgan, sondern auch Reflector, und zwar macht sich in ihm die Reflexthätigkeit auf eine viel bedeutendere, wichtigere und die gewöhnlichen Lebensvorgänge viel mehr beherrschende Art, geltend, als beim Rückenmarke. Eine Reihe von Bewegungselementen, die im Rückenmarke mehr vereinzelt absteigen, finden sich im verlängerten Marke an bestimmten Stellen so geordnet, dass sie von einer hier reflectirten Erregung gleichzeitig oder in bestimmter Folge erreicht und bethätigt werden können. Sie werden also, wie man sich ausdrückt, im verlängerten Marke *„coordinirt."*

Man begreift, dass die *„Coordination"* von Bewegungen in dem oben angeführten Sinne auch den verschiedenen auf einander folgenden Abschnitten des Rückenmarkes zukommt, insofern sie bestimmte Formen der Reflexbewegung ermöglichen. Das verlängerte Mark rechnet man aber zu den coordinirenden Centren im engeren Sinne, weil die hier hervorgerufenen Bewegungen auch dem gesunden normalen Thiere beständig zukommen und zu dessen regelmässigen und theilweise unentbehrlichen Thätigkeiten gehören.

Man hat auch geglaubt dem verlängerten Mark die selbständige „Erregung" einiger thierischen Functionen zuschreiben zu können. Für eine solche Ansicht ist durchaus kein Beweis vorhanden und eine *„Spontaneität,"* wie sie hier im thierischen Körper angenommen werden müsste, lässt sich auf keine Weise mit unseren allgemeinen Begriffen in Einklang bringen. Wenn für einige Vorgänge die äussere Vermittelung noch nicht mit völliger Schärfe nachgewiesen worden ist, so ist es durchaus nicht gerechtfertigt zu behaupten, dass sie, allen unseren logischen Vorstellungen entgegen, überhaupt gar keiner Anregung bedürften.

A. Leitung im verlängerten Marke.

Wir suchen hier, soweit es unter den angegebenen Verhältnissen überhaupt möglich ist, die Wege zu bestimmen, welche die einzelnen Stränge und Bahnen des Rückenmarkes mit dem Gehirn verbinden.

1) Fortsetzung der weissen Hinterstränge.

Gewöhnlich werden vom anatomischen Standpunkt aus die Stränge des verlängerten Markes, welche zu beiden Seiten der hinteren Mittel-

furche liegen, als eine Fortsetzung der weissen Hinterstränge betrachtet, welche im Rückenmark dieselbe Lage einnehmen.. Hingegen lehrt der physiologische Versuch, dass dies nicht richtig ist.

Gehen wir bei verschiedenen Thieren vom dritten, vom vierten, bei einigen selbst vom fünften Halsnerven anfangend nach oben gegen den Calamus scriptorius, indem wir mit einer Nadel vorsichtig neben der hinteren Mittelfurche reizen, so zeigt sich hier anfangs eine schmale nach oben hin immer breiter werdende Strecke, welche zunächst der Mittellinie gelegen, häufig nur eine *schwache* und bei vielen Thierindividuen *gar keine* Sensibilität besitzt. Etwas nach aussen sehen wir eine Furche angedeutet, welche Anfangs im Bereich der sogenannten Hinterstränge liegend, um so mehr nach aussen weicht, je höher wir heraufgehen, so dass sie bald zwei breite Stränge einschliesst, von denen die strickförmigen Körper gegen das kleine Gehirn abgehen und die sich in den Keil- und zarten Strang fortsetzen. Diese Furchen entfernen sich so rasch divergirend von der Mittellinie, dass sie sehr bald, schon an den obersten Halswirbeln, bei oberflächlicher Betrachtung als die Analoga der seitlichen hinteren Rückenmarksfurchen und die zwischen ihnen enthaltenen Markpartien als die eigentlichen Hinterstränge angesehen werden könnten.

Wenn man aber mit der Nadel diese Furche, oder, wo sie nicht deutlich ist, die von ihr bei anderen Individuen eingenommene Stelle, nach aussen überschreitet, verrathen die Thiere bei der Reizung immer einen mehr oder weniger ausgesprochenen Schmerz. Derselbe ist, wie wir dies schon an den Hintersträngen des Rückenmarkes gesehen, um so heftiger, je mehr wir uns dem Niveau eines Nervenursprunges nähern, er kann, wie beim Rückenmark ganz fehlen, oder wenigstens sich nicht äussern, wenn wir in gehörigem Zwischenraum zwischen den Nervensprüngen operiren.

Wir dürfen also vorläufig hieraus entnehmen, dass die schmerzempfindenden Theile der Hinterstränge vom oberen Halsmark an nach oben sich immer mehr auseinanderdrängen, sich von der Mittellinie entfernen und den Seitensträngen annähern. In der Höhe des vierten Ventrikels liegen sie ganz auf der Seite im Bereiche der scheinbaren Fortsetzung der Seitenstränge.

Aber die Fähigkeit bei Reizung *Schmerz* zu erregen, (ich sage nicht „zu empfinden"), ist gerade die am wenigsten wesentliche Eigenschaft der Hinterstränge, weil sie ihnen auch an den tieferen Punkten nicht an allen Stellen ihres Verlaufes gleichmässig zukommt. Wir haben also zu untersuchen, ob die eigenthümlichen Erscheinungen, welche der Hinterkörper nach der *Durchschneidung* der Hinterstränge immer zeigt, auch jetzt noch durch die ganze scheinbare Fortsetzung derselben hervorgebracht werden, oder ob die Theile unmittelbar neben der Längsspalte auch diese Eigenschaften allmählich an die äusseren Bündel abtreten.

Der Versuch zeigt das Letztere. Je höher wir gegen den vierten Ventrikel heraufsteigen, einen um so breiteren Theil können wir aus der Mitte der Hinterfläche der weissen Stränge durchschneiden, ohne sogleich im Rumpf und in den Extremitäten jene eigenthümliche Hyperästhesie hervorzurufen, welche eine Folge der Durchschneidung der Hinterstränge an tieferen Theilen ist. Trennen wir aber jetzt an den bezeichneten Stellen die Seitentheile (mit oder ohne die mittleren) so haben wir alsbald die bekannte gesteigerte Empfindlichkeit.

Durchschneidung der eigentlichen Corpora restiformia, soweit sie in die hinteren Kleinhirnschenkel übergehen, also mit Schonung des äussersten seitlichen Theiles des sogenannten Keilstranges, ruft keine Hyperästhesie hervor.

Versetzt man ein Kaninchen durch Blutverlust in den Zustand, in welchem wir die Tastempfindlichkeit der Theile untersuchen und durchschneidet man jetzt nur auf einer Seite am obersten Halsmark die hinterste Abtheilung oder das Corpus restiforme, so geht die Empfindung der Berührung nicht verloren, sie hört aber sogleich auf der entsprechenden Seite auf, wenn wir den Schnitt seitlich so weit fortsetzen, dass hier Hyperästhesie entsteht.

Wir dürfen hiernach behaupten:

Vom oberen Halsmark an werden, und zwar bei verschiedenen Thieren in verschiedener Höhe, die Fortsetzungen der Hinterstränge (im physiologischen Sinne) immer mehr nach aussen und auf die Seite gedrängt, und zwischen ihnen treten anfangs schmale nach oben immer breiter werdende Lager von neuen Fasern auf. Die zarten Stränge, die eigentlichen Keilstränge, die strickförmigen Körper und die hinteren Kleinhirnschenkel gehören dieser neuen Formation an.

Es gereicht mir zur grössten Genugthuung, dass einer der grössten Anatomen unseres Jahrhunderts, *Stilling,* durch seine mikroskopischen Untersuchungen über den Verlauf der Hinterstränge in der Medulla oblongata zu denselben Resultaten gelangt ist, wie sie mir der physiologische Versuch ergeben hat. Auch *Stilling,* der sich weitere Mittheilungen über diesen Gegenstand noch vorbehalten, betrachtet jetzt die Corpora restiformia und die übrigen genannten Stränge nicht mehr als Fortsetzungen der Hinterstränge, sondern als Gebilde, welche sich zwischen sie hinein und diese immer mehr zur Seite nach unten und aussen drängen. Vergleiche die vorläufige Notiz in dem Werke über die Hirnknoten pag. 26.

2) *Vertheilung der Sensibilität* in der Medulla oblongata. Bis jetzt haben wir nur gesehen, welche Lage ungefähr die Fortsetzungen der weissen Hinterstränge einnahmen, aber es ist dem Experimente durchaus unmöglich, letztere selbst genau zu umgränzen. Um so weniger ist es ausführbar, dieselben ganz isolirt zu durchschneiden, oder gar wie beim Rückenmark eine Strecke weit zu extirpiren, um dann die Sensibilität und die Empfindungsleitung in den übrig gelassenen Theilen zu prüfen. Bei allen Versuchen über die Empfindlichkeit der betreffenden Theile operiren wir daher neben den noch vorhandenen Hintersträngen und in ihrer nächsten Nachbarschaft, es wäre also gar wohl möglich, dass bei manchen Ergebnissen die Zeichen *scheinbar* vorhandener Sensibilität nur auf einer Täuschung durch Miterregung oder Zerrung der wirklich empfindlichen Theile beruhen. Es müssen demnach die speciellen Angaben nur mit grosser Vorsicht aufgenommen werden.

Thatsache aber ist es im Allgemeinen, dass, wie es schon vor langer Zeit *Van Deen* anerkannt hatte, die dem ganzen verlängerten Mark und besonders seiner hinteren Fläche zugeschriebene Empfindlichkeit ausserordentlich übertrieben worden ist. Der grösste Theil und namentlich die mittleren Partien der freien Hinterfläche zeigen sich bei vorsichtiger Reizung gar nicht oder nur sehr schwach empfindlich und ihre Sensibilität, wo sie bei kräftigen und sehr schonend behandelten Thieren am stärksten ausgebildet ist, kommt gar nicht in Betracht gegen die Empfindlichkeit der nach aussen gelegenen Hinterstränge. Der ganze Boden des vierten Ventrikels schien mir stets ganz gefühllos zu sein, selbst wenn ich ihn bis auf die knöcherne Grundfläche durchbohrte.

Es erklärt sich hieraus, wie so sich, ganz verschieden vom Verhalten des Rückenmarks, auf oder in der Mitte der Hinterfläche der Med. oblongata Exostosen und Geschwülste entwickeln können, ohne irgend einen localen oder irradiirenden Schmerz zu erzeugen.

Wo die Sensibilität der strickförmigen Körper am deutlichsten (bei Kaninchen) vorhanden war, schien mir dieselbe durch Nervenbündel vermittelt, welche am oberen Halsmark aus den Hintersträngen in die corpora restiformia übergehen und mit ihnen gegen das kleine Gehirn hin aufsteigen, so dass die genannten Körper den peripherischen Verbreitungsort dieser Nerven darstellen.

Ein Versuch, den bereits *Brown-Sequard* angestellt hat (Gaz. méd. 1855, Nr. 37, pag. 581.) würde hierher zu ziehen sein, wenn *Brown* nicht dabei, wie das unvollständige Ergebniss des Versuches erkennen lässt, vermuthlich neben den strickförmigen Körpern auch die Hinterstränge durchschnitten hätte. Wenn man im Niveau des Calamus die corpora restiformia *allein* durchschneidet, wie mir dies nach dem Ergebniss der späteren mikroskopischen Untersuchung von Querschnitten einige Male völlig gelungen ist, so behält der dem Rückenmark anhängende Theil seine frühere Empfindlichkeit und das dem Hirn noch anhängende Stück ist *ganz* (nicht wie *Brown* gefunden, *fast* überall) gefühllos. Der Körper ist dabei nicht *sogleich* hyperästhetisch, kann es aber später in geringem Grade werden, wenn sich die Congestion auf die benachbarten Hinterstränge verbreitet, wie wir dies bei analogen Verwundungen am Rückenmark (siehe oben pag. 275) schon gesehen haben.

Uebrigens hat *Brown* bei anderer Gelegenheit, wo er wie es scheint, entfernter von den Seitensträngen operirte, die Unempfindlichkeit des corp. restiformia anerkannt.

Die *Pyramiden* und die unmittelbar hinter ihnen gelegenen Fortsetzungen der *Vorderstränge* haben keine Schmerzempfindlichkeit.

So oft ich bei kräftigen Thieren nach der im Aetherrausch vorgenommenen Blosslegung des Bulbus die am meisten seitlichen Theile desselben ohne weitere vorbereitende Operation zu reizen versuchte, gab das Thier Zeichen einer mässigen schmerzhaften Empfindung, auch dann, wenn ich sicher war, keine äusserlich hervortretende Nervenwurzeln mit berührt zu haben. Hatte ich aber vorher den Vagus ausgerissen und die hinteren Wurzeln der obersten Cervicalnerven durchschnitten, so blieb Reizung der äussersten Seitentheile des verlängerten Markes, wenn sie vorsichtig und ohne Zerrung geschah, ohne Schmerzeszeichen. Es scheinen also die benachbarten Empfindungsnerven nach ihrem Austritt aus dem Mark dem Mittelstrange oder dessen Hüllen (die man hier nicht wie beim Rückenmark entfernen kann) sensible Nerven auf rückläufigem Wege zuzuschicken. Diese sensiblen Fäden strahlen gegen das Mark in der Bahn der (*an sich* unempfindlichen) Accessoriuswurzeln, welche vom Mittelstrange ausgehen. Denn nach Zerstörung der Accessoriuswurzeln ohne Durchschneidung der genannten sensibeln Nerven, fehlt ebenfalls die Empfindung des Mittelstranges (oder seiner Hüllen).

Wie weit sich die Schmerzempfindlichkeit des verlängerten Markes an der angegebenen Stelle in die Tiefe erstreckt, habe ich nicht ermitteln können.

Türck hat (Wiener Sitzungsberichte April 1851) angegeben, dass bei seinen Versuchen am Rückenmark die Hinterstränge sich oft gefühllos gezeigt und dass ihre Trennung *nie* irgend einen Einfluss auf Sensibilität gehabt hätte. Hingegen seien die Seitenstränge stets sehr empfindlich und ihre Durchschneidung bringe Hyperästhesie der entsprechenden Seite hervor. Diese auffallenden Angaben erklären sich, wenn man im Auge behält, dass *Türck* seine Versuche stets an der Insertionsstelle des vierten Halsnerven oder in dessen Nähe, also zwischen dem dritten und vierten Wirbel anstellte. Er traf demnach den Anfang

des verlängerten Markes und hat mit Unrecht seine Schlüsse auf das Rückenmark übertragen. Aus dem obigen erhellt aber, wie durch das Auseinanderweichen der Hinterstränge in der genannten Markpartie an sich richtige Beobachtungen leicht auf die angeführte Weise interpretirt werden können.

3) *Die Leitung der sensibeln Eindrücke* ist, wie bereits angedeutet, auch im verlängerten Mark nicht an dessen sensible Theile gebunden.

Im untersten Abschnitt desselben vom vierten bis zum zweiten Wirbel scheint sie ganz denselben Normen zu folgen, wie am Rückenmark.

Im Bereich des vierten Ventrikels lassen sich hierüber nur wenige Versuche anstellen. Es ist hier unmöglich, die hintere oder die vordere Hälfte des verlängerten Markes allein auf beiden Seiten zu durchschneiden, ohne das Leben zu gefährden. Wir wissen daher nicht, ob nur die hintere oder die vordere, oder, was am wahrscheinlichsten ist, beide Hälften vermittelst ihrer grauen Substanz die Sensibilität von allen nach unten gelegenen Theilen des Körpers übertragen.

Durchschneidet man (wenigstens bis ganz nahe vor dem Pons) eine Hälfte des verlängerten Markes, so ist die Empfindlichkeit des Rumpfes und der Extremitäten in *keiner* Körperhälfte verloren. Die genannten Theile der entsprechenden Seite sind anfangs und wenn das Thier überlebt, oft einige Wochen hyperästhetisch. Die andere Seite zeigt, wenn die Operation vorsichtig geschah, zuerst gar keine deutliche Veränderung ihrer Empfindlichkeit. Eine bei Hunden und Katzen, nicht aber bei Nagern beobachtete Abstumpfung ist auf Rechnung der eingreifenden Operation zu schreiben und zeigt sich auch an der Kopfhälfte dieser Seite.

Die unteren Theile des verlängerten Markes hinter dem Ende des Calamus zeigen auch insofern ihre Uebereinstimmung mit dem Rückenmark, dass auch hier, wenn die einseitige Trennung roh vorgenommen wurde, so dass die benachbarten Theile der anderen Hälfte mitgelitten, die gegenüberliegende Körperseite sehr viel an ihrer Empfindlichkeit einbüsst, die sich jedoch nach einiger Zeit wieder herstellt. Ebenso kann man hier, wenn man eine, z. B. die linke Markhälfte ganz und dann die rechte von der Mittellinie aus theilweise durchschneidet, die Sensibilität der rechten Körperhälfte endlich zum Verschwinden bringen, während die der linken noch deutlich und oft in hohem Grade vorhanden ist. An den höheren Theilen des verlängerten Markes ist ein solcher Versuch nicht ausführbar.

Auch nach Trennung einer Seitenhälfte des verlängerten Markes bemerkt man, wenn die Thiere überleben, dass nach dem endlichen und allmählichen Verschwinden der Hyperästhesie auf der Seite des Schnittes bei Hunden und Katzen die Empfindlichkeit aller Theile des Hinterkörpers etwas unter das Normale gesunken erscheint, und zwar ist dies in geringerem Grade der Fall auf der Seite der Verletzung als auf der entgegengesetzten.

Bei allen Trennungen *einer* Seitenhälfte des verlängerten Markes, welche nicht (siehe unten) die Wurzelfäden des N. Trigeminus direct durchschneiden, sieht man, constanter als bei entsprechender Verletzung des Rückenmarks, dass auch die Kopfhälfte der operirten Seite eine deutliche Hyperästhesie zeigt, welche von viel geringerer Dauer und weniger intensiv ist als die Hyperästhesie der Hintertheile des Körpers. Oft ist bei Hunden und Katzen die Empfindlichkeit des Kopfes am zweiten oder dritten Tage wieder normal geworden. Bei Fröschen scheint diese Hyperästhesie länger anzuhalten, wenn man sie überhaupt nicht mit gesteigerter Reflexbewegung verwechselt.

Wo ein solcher Querschnitt an die centralen Enden des Trigeminus streift, kann es vorkommen, dass einzelne Theile des Gesichtes anästhetisch, andere hyperästhetisch sind. Dies habe ich manchmal bei Kaninchen und Meerschweinchen gesehen.

4) Bewegungsleitende Bahnen als Fortsetzung der Vorder- und Seitenstränge. In dieser Beziehung wissen wir noch weniger als in Betreff der Empfindung. Die Charactere, durch welche es möglich würde, die Vorderstränge des Rückenmarkes wiederzuerkennen, wären vorzüglich

a) dass sie im Stande wären noch Bewegung zu leiten, wenn sie die alleinige Verbindungsbrücke zwischen Hirn und Hinterkörper bildeten;

b) dass ihre Reizung ganz in der Nähe eines austretenden Bewegungsnerven denselben, wegen des Durchtretens der Wurzeln, zur Thätigkeit anregen würde;

c) dass ihrer isolirten aber vollständigen Durchschneidung eine vorübergehende und nach einiger Zeit für unsere bisherige Erkenntniss ganz verschwindende Lähmung der Hintertheile folgen würde.

Von diesen drei Punkten wäre ohne Zweifel der erste der bedeutsamste, leider aber ist es oberhalb der Spitze des Calamus gar nicht möglich, alle Theile des Markes bis auf einen bestimmten zu prüfenden Strang zu durchschneiden und das Leben des Thieres zu erhalten. Die in Betreff des zweiten Punktes namentlich mit Rücksicht auf die Bewegung der Zunge mehrfach bei eben getödteten Thieren von mir angestellten Versuche geben nur sehr unsichere Resultate und so sind wir denn auf *den dritten allein beschränkt.*

Die Frage ist also, welche Stränge rufen unmittelbar nach ihrer Durchschneidung bleibende oder vorübergehende Lähmung des Hinterkörpers hervor?

Nach vielen fruchtlosen Bemühungen ist es mir endlich gelungen, eine Methode ausfindig zu machen, die vordersten Bündel des verlängerten Marks, die *Pyramiden*, in glücklichen Fällen isolirt zu durchschneiden.

Magendie bemühte sich schon diese Operation auszuführen. Er durchbohrte zu diesem Behufe die graue Substanz des vierten Ventrikels von hinten her, um bis zu den Pyramiden zu gelangen.[1]) Diese Methode und ihre Resultate sind zu verwerfen, da wir jetzt die grössere Wichtigkeit der grauen Substanz für die Bewegungsleitung kennen und der Erfolg des Versuches der nicht unbeträchtlichen Zerstörung der letzteren mit Recht zugeschrieben werden kann. Später hat man die Pyramiden nie isolirt, sondern höchstens in Verbindung mit den Seiten- und Hülsensträngen (und allem Anschein nach einem grossen Theile der seitlichen grauen Substanz) durchschnitten. Um die Pyramiden im Niveau des Calamus (also gerade bei ihrer Kreuzung) zu trennen, lege ich die Atlanto-occipitalmembran, ohne sie ganz zu durchschneiden, so weit bloss, dass das verlängerte Mark deutlich durch sie hindurch schimmert. Indem ich dann die obersten Wirbel des tief ätherisirten Thieres mit den Fingern der einen Hand genau fixire, führe ich von der Seite her, in passender Höhe eine Nadel durch die Muskeln und die Seitentheile des Atlas, so dass sie in dem Wirbelcanale zum Vorschein kommt und leite sie nun durch den genau horizontal gehaltenen Canal quer durch, so dass sie oberhalb der Pyramiden das Mark durchbohren, diese abtrennen und beim Zurückgehen, wenn ich das Heft schief nach oben bewege, diese durchschneiden muss. Ein glücklicher Erfolg ist, wie die Section der Thiere lehrt, in kaum einem Zehntheil der Versuche vorhanden und die Sache gelang mir besonders bei jungen Kaninchen.

Man kann auch, wie ich es einige Male gethan, die Pyramiden höher durchschneiden, indem man von vorn am Halse eindringt, Larynx, Oesophagus, Vagus und die grossen Gefässe zur Seite schiebt und zwischen Atlas und Schädelbasis eingeht. Die Operation wird durch die grossen Venen sehr erschwert.

---

[1]) Vergleiche seine Vorlesungen von 1838.

Einzelne glückliche Erfolge haben nun erwiesen, dass es möglich ist, eine oder beide Pyramiden abzutrennen, ohne dass die Bewegungen des Thieres dadurch mehr verändert werden, als sie sich schon vorher in Folge der Durchschneidung der Nackenmuskeln zeigten, dass diese Operation weder eine vorübergehende noch eine bleibende bemerkliche Lähmung nothwendig nach sich zieht, und dass wir also nicht berechtigt sind, die Pyramiden mit den physiologischen Eigenschaften des Vorderseitenstranges, so weit uns diese bis jetzt bekannt sind, auszustatten.[1])

Bisher hat man die Pyramiden entweder als Fortsetzungen der Vorderstränge, oder (was jetzt die herrschende Ansicht ist) der Seitenstränge angesehen und ihnen jedenfalls einen grossen Einfluss auf die Bewegungsleitung zugeschrieben. Man glaubte diesen Einfluss noch in neuerer Zeit durch sehr mangelhafte physiologische Versuche (*Brown-Sequard*) bestätigen zu können, Versuche die um so weniger beweisen, als bei denselben die Hülsenstränge nicht im geringsten berücksichtigt worden sind.

Da auch die bisher erkannte Thätigkeit des Seitenstranges durch die Zerstörung der Pyramiden nicht verändert wird, und da, wie wir sehen werden, diese Thätigkeit im verlängerten Mark keine Kreuzung ihrer Bahnen zeigt, so steht von physiologischer Seite durchaus Nichts der Ansicht von *Stilling* entgegen, dass die Pyramiden neue, erst im verlängerten Mark entstehende, und die aufsteigenden Rückenmarksstränge zum Theil bedeckende, zum Theil auseinanderdrängende Bildungen seien, sie wären dann analog den Corp. restiform. auf der Hinterseite.

Da wir die Function der Pyramiden noch nicht kennen, so ist die früher vielfach geäusserte Ansicht zu verwerfen, dass die Pyramidenkreuzung die gekreuzte Wirkung der Hirntheile auf irgend eine Weise erklären könne. Eine solche Erklärung, wie sie noch gegenwärtig von den meisten practischen Aerzten angenommen wird, stiess schon bisher darum auf Schwierigkeiten, weil die geringe Zahl der im unteren Theil der Pyramiden sich kreuzenden Fasern, ganz abgesehen von den empfindungsleitenden Elementen, nicht einmal alle motorischen Rumpfnerven decken kann.

Die Durchschneidung der Pyramiden hat auch keinen bemerklichen Einfluss auf die Empfindung,

da die strickförmigen Körper und die Hinterstränge einerseits und die Pyramiden andererseits keinen Einfluss auf die Bewegung haben, so werden wir schon von selbst auf die Hülsenstränge und die Seitenstränge hingewiesen.

In der That erzeugte die Verwundung der zuletzt genannten Bündel *stets* eine motorische Lähmung unmittelbar nach der Operation, und dies ist es ja, was wir von der Fortsetzung des Vorderseitenstranges des Rückenmarks verlangen. Von den bald zu prüfenden Beziehungen, welche jene Stränge des verlängerten Markes mit der etwa in demselben befindlichen kinesodischen grauen Substanz eingehen, wird es abhängen, ob diese Lähmungserscheinungen so bald wieder spurlos verschwinden, wie dies nach Durchschneidung der Vorderstränge des Rückenmarks beobachtet wurde.

Auch die Anatomie (vergl. Burdach Gehirn II pag. 33) hat bereits vor längerer Zeit wahrscheinlich gemacht, dass die Seitenstränge des Rückenmarks wenigstens grösstentheils in die Seitenstränge des Bulbus, und dass die Vorderstränge unmittelbar in die Hülsenstränge übergehen.

---

[1]) Nachträglich finde ich, dass *Magendie* in früherer Zeit (Precis elementaire übersetzt von Hensinger 1834 I pag. 351) schon zu demselben Resultate gelangt war.

Der Bewegungseinfluss dieser Stränge zeigt aber bedeutende Verschiedenheiten, je nachdem wir den Seitenstrang oder den Vorderstrang im engeren Sinne (Hülsenstrang) prüfen und je nach der Höhe des Markes, in welcher der Versuch vorgenommen wird.

a) *Seitenstrang.*

Auf anatomische Betrachtungen gestützt, die zum Theil selbst wieder auf irrigen physiologischen Voraussetzungen fussten, hat schon *Carl Bell* vor längerer Zeit die Ansicht ausgesprochen, dass der Seitenstrang und seine Fortsetzungen zum Gehirn nur die verschiedenen *respiratorischen* Bewegungen vermittele, und dass es sich daher erklären lasse, wie so bei sonst vollkommener centraler Paralyse die Athembewegungen oft ungehindert fortbestünden. Diese Ansicht hat keinen Anklang gefunden, weil ihr jeder genügende Beweis fehlte.

Später ist *Longet* (1848 bei seinen Versuchen über den Schwefeläther) zu dem Ergebniss gelangt, dass man am verlängerten Marke oberhalb des Calamus sowohl die Pyramiden als die strickförmigen Körper durchschneiden kann, ohne die Respirationsbewegungen aufzuheben. Da Letztere aber augenblicklich aufhören, wenn man das ganze verlängerte Mark durchschnitten hat, so vermuthet *Longet*, dass sehr wahrscheinlich die Seitenstränge ausschliesslich die Respiration vermitteln.

Diese Ansicht basirt auf der Voraussetzung, dass *nur* die weissen Theile des Markes leiten, dass die Durchschneidung der Pyramiden, als der angeblichen Fortsetzungen der Vorderstränge (im engeren Sinne) alle Bewegung der freien Muskeln des Hinterkörpers vernichte und dass die Durchschneidung der strickförmigen Körper die Sensibilität aufhebe. Da wir aber jetzt wissen, dass man Pyramiden und strickförmige Körper durchschneiden kann, ohne dem Gefühl und der Bewegung irgend Eintrag zu thun, dass ausserdem die Nervenleitung nicht nothwendig durch die *weissen* Marktheile geschieht, so werden wir aus dem erwähnten Versuche von *Longet* keinen Schluss mehr auf die ausschliessliche Function der Seitenstränge ziehen dürfen und dies um so weniger, als die „Seitenstränge“ im Sinne *Longet*'s auch noch die Fortsetzungen der Hinterstränge (s. oben pag. 301) und die Fortsetzungen der Vorderstränge (Hülsen) umfassen und daher nicht den Seitensträngen des Rückenmarks genau entsprechen.

Nichtsdestoweniger hat der verdiente französische Forscher vollkommen Recht, der Beweis muss aber auf ganz anderem Wege geführt werden. Es ist nicht möglich alle Theile des verlängerten Markes mit Ausschluss der Seitenstränge vollständig zu durchschneiden, und gelänge auch diese Operation, so wäre ihr Erfolg sehr schwer und vielleicht gar nicht richtig zu beurtheilen, da hierzu eine sehr lange Beobachtung der Thiere nöthig wäre.

Hingegen habe ich in einer Reihe von Versuchen an Hunden und Kaninchen den Seitenstrang allein, ohne oder ohne erhebliche Verletzung aller anderen Stränge auf einer Seite durchschnitten und die Thiere beträchtliche Zeit am Leben erhalten.

Am unteren Theile des verlängerten Markes zwischen dem Ursprung des ersten und des vierten Cervicalnerven bietet dieser Versuch keine beträchtlichen Schwierigkeiten. Unmittelbar nach dem Erwachen aus der Chloroform- oder Aethernarkose liegen die Thiere zwar auf der dem Schnitt entsprechenden Seite und wenn sie sich erheben wollen, sieht man, dass die Glieder dieser Seite zwar nicht völlig gelähmt, aber sehr geschwächt und unfähig sind, den Körper zu stützen. Beim Versuch, sich zu erheben, krümmt sich die Wirbelsäule häufig nach der Seite in einem nach der geschwächten Körperhälfte hin convexen Bogen, aber die Sensibilität ist nirgends aufgehoben, noch in der ersten Zeit erhöht. Sehr bald bemerkt man, dass die Beweglichkeit der paretischen Glieder

zunimmt, die Hunde stellen sich nach einigen Tagen auf die vier Füsse und lernen bald gehörig umherlaufen, während die äussere Wunde verheilt. Der Gang dieser Thiere ist, wenn *nur* die mittleren Stränge verletzt sind, ein ganz normaler, die Füsse werden gehörig in gerader Richtung nach vorn aufgesetzt ohne auf der verletzten Körperhälfte irgend nach aussen abzuweichen. (Wie dies nach anderen Verletzungen vorkommt.) Die Empfindlichkeit der verletzten Seite kann sich, wenn sie auch anfangs normal blieb, einige Tage nach der Operation (durch Congestionirung der Markhälfte) erhöht zeigen, aber dies geht sehr bald wieder vorüber. Oefters haben mich solche Hunde auf Spaziergängen begleitet, ohne dass irgend ein Vorübergehender etwas Auffallendes an ihnen bemerkte. Sie kamen aber leichter ausser Athem als gesunde Hunde und beobachtete man sie dann genau, so war es nicht schwer zu erkennen, dass die der Verletzung entsprechende Hälfte der Brust bei der Inspiration nicht gehoben wurde, sondern ganz flach blieb.

In der That zeigte die Untersuchung, dass alle Athembewegungen des Rumpfes auf der verletzten Seite in Folge der Operation vollständig aufgehört hatten. Dass aber die Fortdauer aller anderen Bewegungen des Körpers nicht etwa die Folge einer theilweisen Regeneration des Rückenmarksstranges war, zeigte die zu verschiedenen Zeiten vorgenommene anatomische Untersuchung der Thiere nach künstlicher Töötung derselben. Die Lunge auf der verletzten Seite war in den Fällen, wo mehrere Wochen seit der Operation vorübergegangen waren, trockener, fester und etwas weniger leicht aufblasbar als die der anderen Brusthälfte. Sie verhielt sich wie menschliche Lungen, die in Folge von Krankheiten einige Zeit lang gehindert waren, sich auf normale Weise auszudehnen.

Bei grossen schlanken Hunden war die mangelnde Bewegung der Rippen schon äusserlich sichtbar, aber bei vielen anderen Thieren war sie nur durch das Gefühl zu erkennen. Wenn man, während das Thier auf dem Rücken oder auf der Seite liegt, auf die mittleren Rippen der gesunden Seite den Finger *nur leicht* auflegt, so fühlt man wie sich bei der Athmung die Rippen unter demselben verschieben. Legt man den Finger jetzt auf die andere Brusthälfte, die, wenn das Thier auf der Seite liegt, mechanisch durch das Heben der andern mitbewegt wird, so verschiebt sich die Rippe nicht unter demselben, und man kann durch das Gefühl nicht mehr die Ein- und Ausathmung unterscheiden. Manchmal glaubten verschiedene Collegen, denen ich diese Thiere vorzeigte, noch eine Spur von Rippenbewegung bei der Respiration zu bemerken, sobald ich sie aber die Augen schliessen liess, so dass sie durch die sichtbaren Bewegungen des Bauches nicht irre geführt wurden, erkannten sie die *völlige* Unbeweglichkeit dieser Seite.

Die untersten Rippen wurden sehr oft durch das Zwerchfell mechanisch mitbewegt, aber es ist dann auffallend, dass sie sich bei der Inspiration nicht nach aussen, sondern etwas nach *innen* begeben.

Die Bauchmuskeln der verletzten Seite werden von denen der anderen Hälfte bei der Athmung nur mechanisch mitgezogen. Dies ist, besonders nach Entfernung der Bauchhaut, und auch oft beim unverletzten Thier durch die seitliche Verschiebung der Mittellinie zu erkennen.

Oeffnet man bei solchen Thieren nach der Aetherisation die Bauchhöhle, so erkennt man, dass sich auch das Zwerchfell nur nach *einer* Seite hin zusammenzieht. Dies hängt nicht von directer Verletzung des phrenicus ab, denn die Erscheinungen waren dieselben, wenn der Schnitt noch weit über dem vierten Halsnerven gemacht war.

Auffallend war, dass die Stimme der so operirten Thiere bedeutend heiser wurde. Die Bewegung der beiden Stimmbänder dauert aber auf

beiden Seiten fort, wenn die Verletzungsstelle unterhalb der Spitze des Calamus oder im Niveau des letzteren war, und der Accessorius unverletzt geblieben.

Schneidet man den mittleren Strang des verlängerten Markes *höher oben* ein, mehr gegen die Abgangsstelle des Vagus hin, so sind die Erscheinungen ganz die eben beschriebenen, auch hier beschränken sie sich nur auf die verletzte Seite, aber auch die entsprechende Hälfte des Larynx wird gelähmt, sie bleibt, wie man sich bei seiner Blosslegung überzeugt, bei der Inspiration unbewegt. Leider habe ich bei diesen Thieren, die ich nie längere Zeit nach der Operation aufgehoben, über die Bewegung der Nasenlöcher nichts notirt.

Die Seitenstränge stehen also den respiratorischen Bewegungen vor.

Man darf aus diesen Beobachtungen aber nicht schliessen, dass die Seitenstränge nicht auch andere, als die der Athmung dienenden Bewegungen vermitteln könnten. Nur dies ist sicher, dass sie für alle anderen Bewegungen nicht wie für die respiratorischen, die *einzig* vorhandenen unerlässlichen Bahnen sind. Es wäre aber wohl möglich, dass sie noch zu anderen Bewegungen in demselben Verhältniss ständen, wie im Rückenmark die Vorderstränge zu den Bewegungen der Hintertheile, welche zwar nach Durchschneidung der Vorderstränge fortbestehen, nichtsdestoweniger aber durch letztere *allein* ebenfalls hervorgerufen werden können.

Mit der respiratorischen Bedeutung der Seitenstränge hängt es wohl zusammen, dass dieselben eigentlich nur am Halstheil und obersten Brusttheil des Markes, d. h. soweit ausschliesslich respiratorische Nerven abgehen, durch eine mehr oder weniger deutliche Furche von den anderen Strängen geschieden sind. Unterhalb der angegebenen Gränze ist bekanntlich die Unterscheidung des Seitenstranges vom Vorderstrang eine durchaus künstliche.

Die Fortsetzung des Seitenstranges oberhalb des Vagus gegen das Gehirn zu ist der Träger der inneren Wurzelbahnen mehrerer Gehirnnerven, wie Glossopharyngeus, Facialis, Trigeminus, welche durch seine Verletzung an der bezeichneten Stelle mehr oder weniger gelähmt werden, wie dies an den betreffenden Stellen ausführlicher erörtert werden wird.

b) *Eigentliche Vorderstränge; Hülsenstränge.*

Am unteren Theile des verlängerten Markes, d. h. an der Stelle des Cervicalmarkes, an welcher schon auf der Hinterseite die Anfänge der strickförmigen Körper beginnen und die Hinterstränge nach aussen drängen, ehe sie selbst zur Bildung des vierten Ventrikels auseinanderweichen, also etwa zwischen dem vierten und ersten Cervicalnerven, liegen die beiden Vorderstränge noch in der Mittellinie des Markes dicht zusammen und werden nur durch die vordere Längsspalte getrennt. Das Verhalten ist also ganz wie am eigentlichen Rückenmark und hier gelingt es auch leicht, einen Vorderstrang oder beide isolirt zu durchschneiden.

In den Fällen, wo ich etwa im Niveau der Wurzeln des zweiten Cervicalnerven beide Vorderstränge zugleich durchschnitten hatte, ohne dass Bluterguss und Anhäufung von Blutgerinnseln den Erfolg des Versuches getrübt oder gar schnellen Tod veranlasst hatte, waren im ersten Moment nach dem Erwachen der Thiere alle Bewegungen des Hinterkörpers mit Ausnahme der respiratorischen gelähmt, die Sensibilität des Körpers erhalten. Nach einiger Zeit, schon nach drei Stunden oder später, fangen wieder einige schwache willkührliche Bewegungen der Extremitäten an, die sich allmählich verstärken, aber die Thiere lebten nie lange genug, als dass ich hier die vollständige Wiederherstellung der

Motilität hätte beobachten können. Es ist schon weiter oben erwähnt, dass wenn die Operation an denselben Strängen mehr nach unten, unterhalb der Wurzeln des Phrenicus gemacht wird, die Bewegungsstörungen viel schneller verschwinden und sich bald vollständig wieder ausgleichen.

Durchschneidet man im Niveau des zweiten Halswirbels nur den Vorderstrang *einer* Seite, so ist in der ersten Zeit nach dem Erwachen vollständige Hemiplegie auf der verletzten Seite vorhanden. Es zeigt sich hier, wenn das Thier versucht, sich zu bewegen, eine sogleich näher zu besprechende Deviation der ganzen Wirbelsäule, welche von den Muskeln der thätigen Seite herrührt, die nicht mehr von ihrem gelähmten Antagonisten im Gleichgewicht gehalten werden. Die Wirbelsäule krümmt sich in horizontaler Richtung (wie bei Pleurotetanus) so dass eine Convexität nach der gelähmten Seite hin entsteht. Auch am Schwanz ist diese einseitige Richtung der Bewegung sichtbar. Nach einiger Zeit erlangen die Füsse der verletzten Seite wieder eine rasch zunehmende Beweglichkeit, während die Krümmung der Wirbelsäule beim Gehen noch längere Zeit sichtbar bleibt, bis endlich auch diese verschwindet. Ueber die Wirkung dieser Krümmung auf die Form der Bewegung werde ich sogleich zurückkommen.

Die Fortsetzungen der eigentlichen Vorderstränge gegen die oberen Theile des verlängerten Markes bilden die *Hülsenstränge*. Ich habe auch mehrfach versucht, diese isolirt zu durchschneiden (Siehe Tübinger Archiv 1854 pag. 34) aber die so sehr schwierige Operation ist mir stets nur unvollkommen gelungen. Immer waren die benachbarten Stränge und die graue Substanz etwas mit verletzt. Dennoch trat auch im Anfange keine vollständige Lähmung der Extremitäten ein. Dieselben waren nur halb gelähmt, in ihren Bewegungen beschränkt, so dass die Wirkung des Versuches im ersten Momente *weniger* intensiv erschien, als nach der Durchschneidung der Vorderstränge *unterhalb* des Niveaus des Calamus, aber diese Wirkung war, trotzdem und wider Erwarten viel *anhaltender*. Sie verlor sich, wenigstens in meinen Versuchen an Hunden, viel langsamer als die *vollständige* Hemiplegie, die als primäre Wirkung der Durchschneidung der Vorderstränge des oberen Rückenmarkes auftritt. Selbst wenn mir die Thiere 14 Tage überlebten (15 Tage war hier das beobachtete Maximum) war die Bewegung der Vorderfüsse nur sehr unvollständig und die Hinterfüsse verharrten fast ganz in mässiger Flexion, die sie indess nach der Streckung wieder annehmen und willkührlich schwächen und verstärken können.

Es ist immer gewagt, aus solchen Ergebnissen, die sich blos auf ein quantitatives Verhältniss der Lähmung beziehen, irgend eine Folgerung abzuleiten, es ist dies noch misslicher, wo bei Versuchen an so wichtigen Theilen, wie das verlängerte Mark, eine Reihe unbekannter Umstände mit einwirken kann, die ganz ausserhalb unserer Berechnung liegen, und wo es unmöglich ist, die Dignität der Theile der grauen Substanz abzuwägen, die bei der Operation etwa mitverletzt wurden. Sollte es aber gestattet sein, aus den oben erwähnten Umständen etwas Näheres über die Function der Hülsenstränge zu folgern, so würde daraus hervorgehen:

1) Dieselben vereinigen wahrscheinlich nicht alle Bahnen in sich, welche in den Vordersträngen des Markes liegen, sonst würde die primäre Folge ihrer Durchschneidung ebenso intensive Lähmung ergeben. Dieser Schluss wird durch die Anatomie unterstützt, indem *Stilling* gefunden hat, dass eine Partie der Vorderstränge sich mehr nach innen in das Centrum des verlängerten Markes begibt. Hingegen könnte diese Folgerung deshalb angefochten werden, weil sich auch in den Hülsensträngen zwischen den einzelnen weissen Fascikeln Massen grauer Substanz eindrängen, die, mit den *einzelnen* Fasern in innigerer Berührung, viel leichter als beim Rückenmark und bei dem Cervicalmark den

Uebergang der Erregung auf die kinesodische Substanz befördern und ausbilden könnten.

2) Gesetzt auch die im Bereiche des vierten Ventrikels noch möglichen Beziehungen zwischen den weissen und den grauen Leitungsbahnen könnten sich hier nach Verwundungen schneller und leichter herstellen, als dies am Rückenmark der Fall ist, so scheint es doch, dass wenigstens für die Hinterfüsse die quantitative *Ausdehnung* dieser noch möglichen Beziehungen zu den grauen Bahnen sich schon bedeutend am unteren Theil des vierten Ventrikels verringert oder wenigstens verändert hat. Der Umstand, dass die Beweglichkeit der Hinterfüsse so sehr lange (und vielleicht stets) nach Durchschneidung der Hülsenstränge beschränkt bleibt, scheint anzudeuten, und die sogleich anzuführenden Beobachtungen werden dies noch unterstützen, dass die motorischen Elemente für die Hinterfüsse sich hier schon vorbereiten, die Stellung zu verlassen, welche sie in den wesentlich *leitenden* Centralorganen zur grauen Substanz hatten, um allmählich in das diese Glieder *anregende* cerebrale Centrum überzugehen.

5) *Die Function der grauen Substanz* im verlängerten Mark, die uns jetzt speciell beschäftigen sollte, lässt sich nicht durch besondere Versuche ermitteln, da sich dieselbe einerseits nicht im lebenden Thiere von den *compacteren* weissen Massen trennen lässt, andererseits aber, wenn dies auch möglich wäre, dieselbe immer noch von einzelnen weissen Faserzügen durchsetzt wird, auf die der Versuch gleichzeitig einwirken müsste. Soweit sich ihre Eigenschaften nach den Versuchen beurtheilen lassen, die an der auf dem Boden des vierten Ventrikels blossliegenden grauen Masse angestellt sind, ist sie 1) ganz sicher nicht sensibel. 2) Ist auch die seitlich von der Mittellinie und in der letzteren gelegene nicht motorisch.

Nähert man sich bei ber Reizung des Bodens des vierten Ventrikels zu sehr seitlich den weissen Strängen. so kann man Bewegungen der Stimmbänder, des Magens u. s. w. erzeugen. Diese Versuche lassen aber den sehr gegründeten Verdacht zu, dass man die in und neben der weissen Substanz verlaufenden Wurzeln des Vagus, Accessorius u. s. w. mit gezerrt habe. Den gleichen Verdacht kann ich, trotz *Stillings* gegentheiliger Versicherung, von dem, übrigens leicht zu bestätigenden Versuche des letztgenannten Forschers nicht abwenden, in welchem vom grauen Hypoglossuskern Bewegungen der Zunge am eben getödteten Thiere hervorgerufen werden. Ueber partielle Exstirpationen der grauen Substanz siehe unten bei den Athembewegungen.

6) *Durchschneidung einer ganzen Hälfte des verlängerten Marks. Kreuzungen der Bewegungsbahnen im Innern desselben.*

Nachdem wir im Vorhergehenden die einzelnen Elemente in Betracht gezogen, aus denen sich jede Hälfte des verlängerten Markes zusammensetzt, gehen wir zu einer Frage von höchster Wichtigkeit über, deren Beantwortung wir mittelst querer Durchschneidung einer ganzen Markhälfte in verschiedener Höhe versuchen werden.

Es ist nämlich eine schon erwähnte bekannte Erfahrung, dass nach pathologischen Beobachtungen am Menschen alle motorischen Nervenbahnen auf ihrem Wege vom Rückenmark nach dem Gehirn sich in der Art zu kreuzen scheinen, dass alle willkührlichen Erregungsbahnen aus der rechten Rückenmarkshälfte im linken Theile des Gehirns und die motorischen Nerven aus den linken Spinalwurzeln in der rechten Hirnhälfte sich wiederfinden. Wir kommen später auf die Thatsachen zurück, die dieser Annahme zu Grunde liegen. Auch das Experiment an Thieren lehrt, dass wenigstens *viele* Nervenbahnen sich irgendwo bei ihrem Eintritt in das Gehirn gekreuzt haben müssen.

Es fragt sich, wo ist der Ort dieser Kreuzung?

Viele, ja die meisten Schriftsteller glauben dieselbe ins verlängerte Mark verlegen zu müssen, während man aber früher vorzugsweise der

auch jetzt noch z. B. von *Brown-Sequard* festgehaltenen Meinung huldigte, dass diese Kreuzung ganz oder fast *ausschliesslich* im verlängerten Mark und zwar in der bekannten Kreuzung der Pyramiden zu suchen sei, glauben die meisten der neueren Forscher, dass sie hier nur *theilweise* geschehe und sich durch andere mehr nach oben im Hirn gelegene Kreuzungen vervollständige. Die Gründe, auf die man sich hierbei stützte, waren theils der Anatomie, theils der Pathologie und dem physiologischen Experimente entnommen.

Hier, wo es meine Aufgabe ist, vorzugsweise die positiven experimentellen Thatsachen vorzuführen, kann keine eingehende Kritik dieser verschiedenen Gründe erwartet werden, die zur Zeit auch keine leichte Aufgabe wäre. Folgendes möge daher dem Leser genügen.

So lange man glaubte, dass sich in den Vordersträngen des Markes alle motorischen Bahnen des Rumpfes zusammendrängten und man die Pyramiden für eine Fortsetzung dieser Vorderstränge hielt, bot sich in der damals allein bekannten und von fast allen Anatomen angenommenen Kreuzung der Pyramiden ein genügendes Mittel, vom anatomischen Standpunkte aus alle gekreuzten Lähmungen zu erklären.

Als später von einigen Forschern, wie *Cruveilhier* und *Andral* darauf aufmerksam gemacht wurde, dass auch die Hirnnerven, welche nicht die Pyramidenkreuzung zu durchsetzen hatten, öfters die Norm gekreuzter Lähmung darboten, behalf man sich damit, für die Letzteren noch specielle untergeordnetere Kreuzungen nach ihrem Eintritt ins Hirn anzunehmen, während für alle Rumpfnerven die Pyramiden bei ihrer Bedeutung belassen wurden.

Einen grossen Stoss erlitt diese scheinbar so wohl begründete Theorie als von Seiten der Anatomen hervorgehoben wurde, dass die Pyramidenkreuzung höchstens nur zu einem sehr geringen Theile die Vorderstränge betreffen könne, indem die Pyramiden wesentlich ein Arm der Seitenstränge seien, der sich am verlängerten Mark zwischen die Vorderstränge hinein dränge. Dazu kam, dass von Seiten der Pathologie und der Physiologie einzelne Thatsachen laut wurden, welche bewiesen, dass auch *oberhalb* der Pyramidenkreuzung directe nicht gekreuzte Einwirkungen auf einzelne Theile des Rumpfes möglich seien.

Die meisten Physiologen liessen jetzt in den Pyramiden nur den kleinsten Theil der Rumpfnerven sich kreuzen, während die grössere Zahl derselben in mehr nach vorn gelegenen Faserkreuzungen auf die andere Seite des Gehirns hinübertreten sollte.

Eine solche Kreuzung, und zwar viel umfangreicher als die der Pyramiden, wurde im Innern des verlängerten Markes selbst, durch dessen ganze Länge sich hinziehend, etwas nach hinten von der vorderen Längsfurche gelegen, aufgefunden. Ueber diese „inneren oberen Kreuzungsblätter“ vergleiche *G. Valentin*, Hirn- und Nervenlehre, Leipzig 1841, pag. 267. Sie bilden, wenn man das verlängerte Mark auseinander bricht, die sogenannten senkrechten Fasern, die der Theilungsfläche sich anlegen, wie sie *Arnold* (Icones anatt. I, tab. 9 fig. 4) abgebildet hat, und reichen bis an die Brücke.

Andere Kreuzungen finden sich aber auch noch weiter nach vorn, so im Innern des Pons, zwischen den Hirnschenkeln und die lange bekannte zwischen den Hauben, ferner im Innern des Kleinhirns.

Während auf diese Weise die Anatomie uns nicht mehr auf das verlängerte Mark als den einzigen Ort der Kreuzungen beschränkt, glaubte *Brown-Sequard* nach pathologischen Beobachtungen in dem genannten

Hirntheile und sogar, trotz aller entgegenstehenden Bedenken, in der Pyramidenkreuzung wenigstens für den Menschen die einzige Decussation der motorischen Rumpfnerven erkennen zu müssen. Gegen den Einwurf, dass die Pyramiden fast ausschliesslich von den Seitensträngen stammen, macht er geltend, dass schon am Halstheil des Rückenmarkes fast alle motorischen Fasern aus den Vordersträngen in die Seitenstränge übergehen. Hier ist ein mehrfacher Irrthum. Denn erstens ist, wie wir gesehen, die so eben angeführte Behauptung unrichtig und die einzige Function, deren Aufhebung uns die Lähmung eines ganzen Seitenstranges am Halse verräth, und die also durch die Pyramiden in diesem Falle eine Kreuzung erleiden könnte, ist die Respiration, welcher gerade die Norm der gekreuzten Paralyse fehlt. Zweitens haben wir gesehen, dass die Pyramiden gar keine motorischen Fasern enthalten, sie werden also auch, wenn sie von den Seitensträngen stammen, und diese wirklich am Halse motorisch wären, ihre Lähmung gar nicht durch die hier zu erklärenden pathologischen Symptome verrathen. Diese Theorie wird aber ferner noch *unwahrscheinlicher* gemacht durch die neuere Anatomie, welche zum Theil eine wahre Kreuzung der Pyramiden und ihren Ursprung sowohl von den seitlichen als von den vorderen Strängen leugnet und sie vermuthlich mit Recht als eine erst am verlängerten Mark auftretende neue Bildung betrachtet. Sie wird *nicht gefordert* von der Pathologie, denn eine genauere Betrachtung der zuverlässigeren Berichte ergibt, dass zwar für den vorderen und mittleren Theil des Pons gekreuzte Wirkung die Regel ist, aber es fehlen strenge Beweise, dass sich dies für den hintersten Abschnitt des Pons und für den Theil des verlängerten Markes oberhalb der Pyramidenkreuzung ebenso verhalte. Sie wird endlich *widerlegt*, wenigstens für die Säugethiere, von der Physiologie, welche auch in den oberen Theilen des verlängerten Markes theilweise directe Wirkungen angetroffen hat.

Ich sehe hier noch ab von den selteneren Fällen, wo auch nach Krankheiten einzelner Hirntheile die Lähmung keine gekreuzte, sondern eine *directe* war. Diese Fälle, welche sich in neuerer Zeit mehren, weiss jene Theorie als „Ausnahmen" nur durch die Hypothese zu erklären, dass bei den betroffenen Individuen wahrscheinlich die Pyramidenkreuzung *gefehlt* habe, was für eine Einrichtung, der man eine so grosse Wichtigkeit zuschreibt, allerdings eine sehr sonderbare Annahme ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in den meisten dieser Fälle, und noch in sehr vielen anderen weniger auffallenden, die anatomisch nachgewiesene Erkrankung gar nicht die wahre Ursache der Lähmung war, sondern eine andere bis jetzt nicht erkennbare Veränderung in den Nervencentren. Es ist aber ausserdem möglich und bereits von früheren Autoren vermuthet worden, dass auch im menschlichen Gehirn, wie wir es bei Säugethieren nachgewiesen, Fasern die bereits der Decussation unterlagen, in einer zweiten „Rückkreuzung" auf ihre ursprüngliche Körperseite zurückkehren. Dieser letzteren oder der Durchkreuzung der Empfindungsfasern dienen vielleicht die meisten der weiter nach vorn im Hirn aufgefundenen Decussationen.

Die Pathologie macht es also allerdings für den Menschen sehr wahrscheinlich, dass die erste centrale Kreuzung aller motorischen Rumpfnerven im mittleren Theil des Pons bereits beendet sei, die Physiologie unterstützt dies durch die Thatsache, dass auch bei den Säugethieren alle Bewegungsbahnen, die hier überhaupt eine Kreuzung nachweisen lassen, dieselbe, mit Ausnahme der Bahnen für die Adductoren der Vorderfüsse, an der bezeichneten Stelle schon eingegangen sind. Wir werden

also, da wir von der Pyramidenkreuzung absehen müssen, auf die ganze Längenausdehnung der inneren oberen Kreuzungsblätter des verlängerten Markes und auf die queren Fasern im *Innern* des Ponsendes hingewiesen, und wir müssen untersuchen, ob sich in dem bezeichneten Gebiete auch physiologisch eine Kreuzung nachweisen lässt, ob diese plötzlich nur an einem beschränkten Punkte oder successiv der Länge nach an mehreren Punkten stattfindet und endlich eventuell, was sich über die Reihenfolge dieser Punkte auf dem Wege des Versuches etwa bestimmen liesse.

Versuchsergebnisse.[1]) Macht man am untersten Theile des verlängerten Marks, oder, nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise, am obersten Theile des Rückenmarks einen Querschnitt, der etwa im Niveau des ersten oder zweiten Cervicalnerven eine ganze Seitenhälfte (es sei die linke) genau bis zur Mittellinie trennt, so ist das Thier anfangs, gleich nach der Operation, an den beiden Extremitäten dieser Seite gelähmt, die Reflexbewegungen in denselben sind aber mächtiger, als nach der analogen Verletzung an weiter nach hinten gelegenen Theilen des Markes. Aber auch die verschiedenen Muskeln, welche auf der entsprechenden Seite die Wirbelsäule und den Rumpf bewegen, nehmen vom Rücken an bis zum Schwanze an dieser Lähmung Theil. Die Extremitäten der anderen Seite sind zwar in jeder Richtung willkührlich beweglich, sie können aber wegen mangelnden Gleichgewichts den Körper nicht mehr gehörig heben und nicht mehr vorwärts bewegen.

Ueberlässt man jetzt das Thier sich selbst, so fällt es auf seine gelähmte (linke) Seite. Es bleibt aber, wenn es irgend kräftig ist, hier nicht ruhig liegen, die Extremitäten der rechten Seite, die nach oben liegen, stossen kräftig und in rasch abwechselnden Bewegungen nach unten wider den Boden und rücken das liegende Thier auf diese Weise mit dem Rücken voran, schnell und anhaltend seitwärts, während der Kopf sich zuweilen in die Höhe bäumt. Dies dauert mit kürzeren und längeren Unterbrechungen so lange fort bis das Thier mit seinem Rücken wider einen festen Gegenstand, etwa die Wand des Zimmers stösst, wo es ihm gelingt sich aufzurichten, indem es die linke, ihrer Stütze beraubte Seite hier anlehnt. Stellt man sich hinter das Thier, so ist die Richtung dieser queren Bewegung beständig nach der linken Seite des Beobachters hin.

Setzt man aber ein solches Thier mit dem Bauch auf den Boden, so kann es sich eine Zeitlang im Gleichgewicht dadurch erhalten, dass die ungelähmten Extremitäten der rechten Seite, die es bei ihrer Bewegung nach links umwerfen würden, ganz gerade ausgestreckt werden. Der Hinterfuss wird dabei gewöhnlich gerade nach vorn gestreckt, so dass er der Seite des Körpers nahe anliegt und, bei Kaninchen, bis fast zum Oberarm reicht, der Vorderfuss streckt sich etwas nach aussen. Jetzt sieht man, dass sobald die Thiere sich willkührlich bewegen, die ganze Wirbelsäule stark nach der rechten Seite hin gebogen wird, so dass ihre Convexität nach links gerichtet ist und der Kopf fast den Schwanz oder den Oberschenkel der noch thätigen Seite berührt.

Hebt man das Thier in diesem Zustande an der Haut des Rückens in die Höhe, so dass es mit den Füssen der rechten Seite noch den Boden erreichen kann, so wird es von den letzteren, der Bewegung der Wirbelsäule entsprechend in einem Kreisabschnitt *nach rechts* herumgetrieben.

---

[1]) Diese Versuche sind meistens an Kaninchen, viele auch an Hunden angestellt.

Nach einiger Zeit bekommt das Thier wieder eine anfangs sehr unvollständige, später immer mehr zunehmende Beweglichkeit in den Extremitäten der linken Seite, aber die bei jeder Bewegung eintretende, nur bei der vollkommensten Ruhe verschwindende Beugung der Wirbelsäule nach rechts dauert immer dann noch einige Zeit fort und diese Beugung ist es (und nicht wie wir später beweisen werden, eine veränderte Richtung in der Bewegung des Arms im Schultergelenk, wie sie nach anderen Versuchen wohl hervortritt) welche das Thier nöthigt, beim Bestreben vorwärts zu gehen, eine unvollkommene Kreisbewegung nach rechts, also nach der der Verletzung *entgegengesetzten* Seite zu beschreiben. Es folgt der von seiner Wirbelsäule selbst vorgezeichneten Richtung, da begreiflicherweise eine geradlinige Bewegung bei einem Vierfüssler nicht leicht möglich ist, wenn die Brust mit den Schultern nach der Seite und der Hals mit dem Kopf sogar starr horizontal nach hinten gerichtet ist.

Die eben erwähnte Beugung der Wirbelsäule in horizontaler Richtung nach *rechts* ist aber, und dies müssen wir festhalten, eine nothwendige Folge der Lähmung der auf der *linken* Seite der Körperaxe angehefteten Muskeln, also derselben *Hemiplegie*, die sich auch in den Extremitäten offenbarte, in letzteren aber nur früher wieder (durch die Thätigkeit der kinesodischen Substanz der anderen Markhälfte) ausgeglichen wurde.

Diese horizontale Krümmung *fehlt*, wenn das Thier sich völlig *ruhig* verhält, weil nur der *cerebrale* Einfluss den Muskeln auf einer Seite der Wirbelsäule entzogen ist. Dieser cerebrale Einfluss macht aber sein Ueberwiegen auf der nicht gelähmten Seite selbst dann geltend, wenn sich das Thier auch nur mit den Füssen vorwärts bewegen will und *scheinbar* nur die Muskeln der letzteren in willkührliche Thätigkeit gerathen, denn, und dies ist ein auch für alle folgenden Beobachtungen nicht ausser Augen zu lassendes wichtiges Moment, alle Thiere, die sich auf vier Füssen bewegen, müssen beim Gehen stets ihre ganze Wirbelsäule fixiren, weil diese die Axe ist, welche von den Vorderbeinen nachgezogen, von den Hinterbeinen vorwärts gestossen wird. Bei dieser Fixirung der verschiedenen Wirbel gerathen alle Muskeln der Axe in Thätigkeit und ein Uebergewicht derselben auf einer Seite wird daher bei *jeder* Ortsbewegung als Deviation hervortreten. Beim Menschen aber, wo die Axe, welche die Glieder verbindet, die beim Gehen thätig sind, nicht in der Wirbelsäule, sondern in der Querausdehnung des Beckens liegt, kann eine der abgehandelten ähnliche cerebrale Lähmung die gerade Fortbewegung nicht auf diese Weise umgestalten und man darf daher bei ähnlichen Verletzungen keine seitlichen Drehungen erwarten; deren Ausbleiben also nicht, wie man fälschlich annahm, in einer von dem der Thiere verschiedenen Einrichtung seines Nervensystems, sondern in seiner abweichenden Bewegungsweise begründet ist.

Aber wie fast jede einseitige Lähmung in Folge einer Hemisection der vorzugsweise leitenden Centraltheile, so vermindert sich auch nach einiger Zeit (von $2\frac{1}{2}$ bis zu 14 Tagen) die Paralyse der seitlichen Axenmuskeln, um endlich zu verschwinden und das Thier lernt, trotz der fortbestehenden Trennung im Mark, wieder gerade gehen. Dies geschieht aber stets erst einige Zeit nachdem die Beweglichkeit der Extremitäten (abgesehen von der bleibenden Deviation der Füsse nach aussen, deren schon beim Rückenmark gedacht wurde) vollständig zurückgekehrt ist. Die Deviation erhält sich ferner am Halse länger als an dem Dorsaltheile des Rumpfes und sie zeigt sich noch bei ange-

strengteren Bewegungen, bei schnellerem Laufen, bei Fluchtversuchen u. s. w., wenn sie beim ganz ungezwungenen Gange des Thieres schon so weit verschwunden ist, dass es wieder gerade gehen kann, wenn es nicht merkt, dass man sich mit ihm beschäftigt.

Ich musste bei dieser Darstellung ausführlicher sein, weil nur hierdurch für die Folge Manches verständlicher, und manche Erörterung erspart wird.

Macht man den Querschnitt etwas höher, da wo die Bildung des vierten Ventrikels bereits angefangen hat, so ist die *primäre* Wirkung der Operation noch ganz die eben beschriebene. Es ist also eine vollständige Hemiplegie vorhanden, während sie, wie wir gesehen, nach ungefähr isolirter Durchschneidung der Hülsenstränge nur unvollständig war, ein Umstand, aus dem hervorzugehen scheint, dass hier die Hülsenstränge nicht ganz den Vordersträngen des Markes entsprechen (s. oben pag. 310) Der Rumpf bewegt sich in horizontaler Richtung nach der *gesunden* Seite. In späterer Zeit nach der Verletzung sah ich aber die Bewegungen der Extremitäten nie so vollständig zurückkehren, wie nach der Durchschneidung weiter unten, das Thier lernte, wenn die Hemisection vollständig war, zwar wieder gehen, aber nur unvollkommen bediente es sich bei freiwilliger Bewegung des entsprechenden Hinterfusses, der indess, ganz wie nach Durchschneidung der Hülsenstränge, nicht nachgeschleift wurde, sondern mehr als sonst an den Bauch gezogen war und bei Reizung des Rumpfes sehr starke Reflexbewegungen zeigte. Diese Art von Contractur des Hinterfusses ist bei der angegebenen Verletzung nur erst spurweise vorhanden, aber sie schien mir um so ausgesprochener, je mehr sich der Schnitt innerhalb gewisser Gränzen nach oben der Brücke näherte. Sie war übrigens stets nur bei aufmerksamer Beobachtung und dann um so leichter zu erkennen, je mehr das Thier seine Bewegungen beschleunigte. In diesem Falle neigte sich der Hinterkörper und fiel sogar manchmal auf die verletzte Seite, während sich der Vorderkörper im Gleichgewichte erhielt.

Geht man jetzt in vergleichenden Versuchen mit dem Querschnitt noch etwas höher hinauf, über das Niveau des Calamus, so zeigt sich eine wichtige Veränderung.

Gleich nach dem Versuche sind zwar immer noch die beiden Extremitäten der verletzten Seite der willkührlichen Bewegung beraubt, aber die Längenaxe des Thieres krümmt sich in horizontaler Richtung nicht mehr nach der *gesunden* Seite, sondern *nach der Seite des Schnittes.* Ist die linke Seite verletzt, so steht die Convexität des Körpers nach rechts und der Kopf ist so stark nach links gekrümmt, dass die Schnauze oft den Schwanz oder häufiger den hinteren Theil des Oberschenkels berührt, oder dass bei Hunden, deren gelähmter linker Schenkel beim hemiplegisch hingesunkenen Thier vom Körper absteht, der Kopf sich zwischen Schenkel und Bauch hineinsteckt, so dass es aussieht, wie *Magendie* in einem solchen Falle treffend bemerkte, als hätten sich die Thiere zum Schlafen zusammen gerollt.

Die näheren Verhältnisse der Krümmung, ihre Richtung abgerechnet, sind übrigens ganz dieselben wie in den früheren Versuchen. Auch hier kehrt die Beweglichkeit der Füsse, mehr an der vorderen als an der hinteren Extremität, so weit zurück, dass das Thier gehen kann und es bewegt sich dann, so lange die Lähmung der Krümmer der Wirbelsäule auf der entgegengesetzten Seite anhält, in einer gebogenen Linie nach der Seite des Schnittes hin, die sich immer mehr einer geraden nähert,

je mehr in späterer Zeit, wenn das Thier überlebt, die Muskeln der Wirbelsäule beider Seiten sich wieder das Gleichgewicht halten.

Wir sehen also, dass die Nervenbahnen, welche der seitlichen Bewegung der Wirbelsäule vorstehen, sich nahe dem unteren Theile des vierten Ventrikels zum ersten Male im Marke gekreuzt haben, da diese Bewegung nunmehr auf der dem Schnitte entgegengesetzten Seite gelähmt ist.

Schon vor langer Zeit hatte *Magendie* gesehen, dass wenn man eine Hälfte des verlängerten Markes durchschneidet, die Thiere nach der Seite der Verletzung sich drehen (Precis elementaire, 1836, I, pag. 414). Später hat er in seinen Vorlesungen vom Jahre 1838 mehrfach versucht, nur einzelne Stränge des verlängerten Markes zu durchschneiden, was ihm aber nach seiner Methode nur unvollständig gelingen konnte. Er sah dabei die Lähmung der Extremitäten der verletzten Seite und die Drehung des Körpers nach derselben und schliesst, da er den Mechanismus der Letzteren nicht genauer zergliederte, dass das verlängerte Mark nur directe, keine gekreuzten Wirkungen habe. Aus einer kritischen Analyse seiner Einzelversuche kann man indess entnehmen, dass er auch einmal die Krümmung nach der der Verletzung entgegengesetzten Seite vor sich gehabt habe.

Martin-Magron und *Brown-Sequard* haben bereits erkannt (experimental researches New-York 1853, pag. 21), dass der unterste und der weiter nach oben gelegene Theil des verlängerten Markes in Bezug auf die Richtung der Drehung der Thiere nach ihrer Verletzung einen entgegengesetzten Erfolg haben. Da ihnen aber ebenfalls der Mechanismus der Drehung unklar geblieben ist, welche sie nur als eine Wirkung von Convulsionen in Folge der Verletzung ansehen (sie haben die Drehung ein Mal 13 Tage lang nach der Operation beobachtet), so verwechseln sie einerseits die von uns zuletzt besprochene Drehung mit dem Rollen, welches erst eintritt, wenn der Schnitt seine Wirkung noch höher herauf, bis an die fibrae arciformes am Anfang des Pons erstreckt, andererseits entging ihnen die hier deutlich ausgesprochene Kreuzung motorischer Nervenbahnen. Dass ein einfacher Stich in eine Hälfte der Medulla *im Anfang* dieselben Folgen zeigt wie die Durchschneidung, spricht nicht, wie die genannten Autoren (und vor ihnen bei einer anderen Gelegenheit schon *L. Türk*) glauben, gegen die Existenz einer Lähmung, sondern zeigt nur, dass in so zarten Theilen schon ein Stich seine Folgen weit über die Gränzen der directen Verletzung hinaus erstreckt. Ein ähnlicher Nadelstich ins Rückenmark eines Frosches kann in der ersten Zeit Paraplegie hervorrufen und wie viel breiter als dies Rückenmark sind denn die hier in Betracht kommenden Stränge?

Die genannten Autoren geben ferner an, dass die Stelle, welche die beiden Richtungen der Drehung von einander scheide, nahezu zwei Linien vor dem Ende des Calamus liege. Es scheint, dass diese Bestimmung an Kaninchen gemacht worden ist. Wenn ich alle meine vergleichenden Versuche, die ich in dieser Beziehung an Hunden, Katzen und besonders an Kaninchen seit 13 Jahren gemacht habe, zusammenstelle, so muss ich gestehen, dass es mir durchaus unmöglich ist, auch nur ungefähr hier eine bestimmte Gränze anzugeben. Kaninchen von gleicher Grösse und gleichem Wurf zeigten hierin so bedeutende Verschiedenheiten, dass von zwei Thieren, bei denen die Verletzung dem freien Augenmaasse nach ganz die gleiche Höhe einnahm, das eine noch directe, das andere schon gekreuzte Wirkungen zeigte. Letztere finden sich hier schon in den meisten Fällen, wo die Verletzung etwa nur eine

Linie über dem Ende des Calamus angebracht ist. Constant ist nur, dass von irgend einem Querschnitt an etwas über dem Calamus oder im Niveau desselben gekreuzte Wirkungen in Betreff der fraglichen Bewegung auftreten, und hiervon habe ich mich vor längerer Zeit auch an einer Ziege überzeugt.

Das angegebene Verhalten bleibt nun wesentlich dasselbe, wenn man immer höhere Querschnitte anbringt, bis man sich ganz nahe dem Pons befindet. Hier sieht man aber, dass die Lähmung der Extremitäten, welche unmittelbar nach der Operation eintritt, nicht mehr beide Glieder *der entsprechenden Seite* ergreift, sondern nur den *Vorderfuss* auf derselben, den *Hinterfuss* aber auf der *entgegengesetzten* Seite. Es ist auch hier (bei Kaninchen, bei Hunden scheint mir nach wenigen Versuchen die Paralyse intensiver zu sein) keine vollständige Lähmung desselben vorhanden, aber er ist jetzt entschieden angezogen und wird nicht, oder vielleicht sehr wenig mehr, *willkührlich* bewegt. Der Vorderfuss erholt sich nach einiger Zeit und nimmt (bei Hunden und Katzen deutlich mehr als normal nach aussen gestreckt) an den Bewegungen Theil, der Hinterfuss der anderen Seite blieb während der relativ kurzen Zeit, welche die Thiere überlebten, stets dabei unthätig, und streckte sich nur, wenn der Hinterkörper gereizt wurde. Wenn die Thiere ganz ruhig dalagen, so boten auf sanften Zug beide Hinterbeine gleich schwachen Widerstand, es ist also keine eigentliche Contractur vorhanden.

Bedenkt man, dass in dem eben angeführten Versuche die Wiederkehr der Bewegungen im Vorderfusse auf der Seite des Schnittes, nach aller Analogie mit den Vorgängen im Rückenmark, durch die Herstellung einer Leitung in den Bahnen der kinesodischen grauen Substanz bewirkt wurde, so wird man die lange anhaltende und wie es scheint beständige Lähmung des Hinterfusses der anderen Seite nur — und oben ist hierauf bereits hingewiesen — durch ein verändertes Verhältniss der betreffenden Leitungsbahnen zur grauen Substanz erklären können. Wir haben hier in den Nervenelementen für den Hinterfuss nicht mehr das spinale Verhalten, wo die Lähmung sich nach einiger Zeit ausgleicht, sondern wie sich später noch mehr herausstellen wird — bereits das cerebrale, wo die unmittelbar nach dem Schnitt erzeugte Lähmung einzelner Muskelgruppen andauernd ist. Wir haben hier nach der Kreuzung bereits einen Theil des Focus getroffen, auf den die verschiedenen Reflexe, die wir als willkührliche Erregung zu bezeichnen gewohnt sind, einwirken müssen, um eine cerebrale Bewegung eines Organes zu *erzeugen*. Es scheint aus einer Analyse der Beobachtung theoretisch angenommen werden zu müssen, dass für jede Muskelgruppe eine *besondere* Gegend des Gehirns vorhanden ist, welche nach Reflexen von den Sinnesorganen den cerebralen Bewegungsimpuls erzeugt, ist der Impuls aber normal vorhanden, so kann er auf *verschiedenen* Bahnen bis in die Gegend des Nervenaustrittes innerhalb der Centra *fortgeleitet* werden.

Erwägen wir ferner, und dies ist ein wichtiger Punkt, auf den bei der pathologischen Verwerthung der Versuchsresultate nicht genug hingewiesen werden kann, dass die graue Substanz, welche nach Unterbrechung des directen Leitungsweges die Vermittlung übernimmt, bei den Amphibien eine energischere und ausgebreitetere Thätigkeit zeigt als bei den Säugethieren, und dass, wie pathologische Fälle lehren, ihre Wirksamkeit bei den letzteren wieder weniger beschränkt ist, als beim Menschen, so dass bei diesem sich häufig Lähmungen in Folge gewisser Verletzungen dauernd erhalten können, die bei niedrigeren Thierformen nur vorübergehend auftreten, dann könnten die zuletzt angeführten Ver-

suche einen Aufschluss über den wahrscheinlichen Sitz der wirksamen Verletzung bei einer sonderbaren Form der Lähmung geben, die man zuweilen beim Menschen beobachtet hat. Es ist dies die sogenannte *„kreuzweise Lähmung“* in welcher der Arm *einer* Seite und der Fuss der *anderen* der willkührlichen Bewegung beraubt ist.

Die zuletzt angeführten Ergebnisse der Versuche an Säugethieren erhalten eine mächtige Stütze durch die Resultate, welche schon vor 20 Jahren *Valentin* an Fröschen erhalten hat. Es war mir bei diesen Thieren bis jetzt nicht möglich, eine genaue Vorstellung von der Wirkungsweise der einzelnen Theile des verl. Markes zu erhalten, weil die Analyse der Bewegungsstörungen zu schwierig ist. Aber speciell in Betreff des hier besprochenen Punktes bemerkt *Valentin* (de functionib. pag. 134) „wenn man den oberen Theil des verl. Markes zerstört hat, entsteht eine Paralyse der hinteren Extremität der *entgegengesetzten* Seite, woraus hervorgeht, dass hier die Kreuzung von beiden Seiten schon stattgefunden.“

Wenn Reizversuche in dieser Beziehung beweisende Kraft haben, so sind auch hier vier Experimente von *Budge* (Unters. über d. Nervensystem I pag. 21) anzuführen. Er reizte bei Katzen das verlängerte Mark „ganz nahe dem Pons“ und sah Bewegungen in der vorderen Extremität der entsprechenden und in der hinteren der gegenüber liegenden Seite.

Ich selbst habe in ähnlichen Versuchen an chloroformirten Thieren manchmal zuerst Bewegungen in allen vier Extremitäten, und erst, wenn die Erregbarkeit gesunken war, das von *Budge* angegebene Resultat erlangt, das, mag man hier localisirte Reflexe oder, was mir zweifelhaft scheint, wahre Reizbewegungen vor sich gehabt haben, jedenfalls, mit dem Erfolge der Durchschneidung zusammengehalten, von hohem Interesse ist.

Geht man mit dem Querschnitt noch weiter herauf, ganz an die Gränze zwischen verl. Mark und dem Pons, so zeigt sich ebenfalls die horizontale Krümmung des Halses und des Vordertheils der Wirbelsäule, aber sie ist nicht mehr nach der Seite des Schnittes, sondern, ganz wie nach Durchschneidung des obersten Halsmarkes wieder nach der *entgegengesetzten* Seite gerichtet und die Convexität der Krümmung sieht nach der verletzten hin, die Seitenmuskeln der Wirbelsäule sind demnach auf der letzteren, also gleichseitig gelähmt. Wenn das Thier gehen will, so dreht es nach rechts, wenn der Schnitt auf der linken Seite ist. Gewöhnlich aber verletzt man bei diesem Versuche einige Querfasern der Brücke und die Wirbelsäule erhält dadurch die Neigung, von der horizontalen Ebene abzuweichen und sich schief um ihre Axe zu drehen. Daher fällt das Thier leicht auf die Seite und zwar, was im Hinblick auf einige Theorien bemerkenswerth ist, nicht auf die entgegengesetzte, deren Hinterfuss *gelähmt*, sondern auf die entsprechende, deren Hinterfuss noch beweglich ist. Es führt, sobald es umgefallen ist, mit mehr oder weniger Vollständigkeit diejenigen Bewegungen aus, die der einseitigen Verletzung der queren Ponsfasern entsprechen, hält man es aber aufrecht an der Rückenhaut, so bewegt es sich auf dieselbe Weise horizontal im Kreise, wie dies später bei der Physiologie des Mittelhirns näher beschrieben wird. Es schien mir, dass auch jetzt schon *beide Vorderfüsse* sich bei willkührlicher Bewegung nach einer Seite wenden, und so die Kreisbewegung vervollständigen, aber die gleichzeitige Neigung zur Axendrehung verhinderte mich, dies hier immer mit voller Klarheit zu erkennen. Gerade in denjenigen Fällen, wo der Schnitt nach vorn hin nicht ganz vollständig war, also die queren Fasern mehr ge-

schont wurden, war es auffallend, wie die *beiden* Vorderglieder bei freiwilliger Bewegung des Thieres sich nach der Seite der Verletzung hin wendeten, so dass also auch schon Bewegungsbahnen für den Vorderfuss der anderen Seite und zwar derjenigen, welche ihn nach *aussen* wenden, hier herübergetreten und mitverletzt sein mussten, daher sich derselbe bei der Bewegung, statt sich gerade zu fixiren, mehr nach *innen* streckte.

Folgerungen in Betreff der Faserkreuzung. Aus den mitgetheilten Thatsachen gehen nun folgende Schlüsse hervor:

a) Die unteren Theile des verlängerten Markes, bis eine kurze Strecke über das Niveau des Calamus hinaus, zeigen bei Säugethieren *keine* gekreuzten Wirkungen auf die Bewegung der freien Skelettmuskeln.

b) Etwas über dem Niveau des Calamus kreuzen sich die Nervenbahnen, welche die seitliche Krümmung der Wirbelsäule und des Kopfes (durch die der letztere der Schulter genähert wird) bewirken.

Auch beim Menschen ist einmal in einem Falle, von *Charcot* am dritten Bande der Comptes rend. de la soc. de Biologie mitgetheilt, eine beständige Beugung des Kopfes nach der rechten Schulter ohne Contractur der entsprechenden Muskeln (also in Folge von Lähmung der Antagonisten) als alleiniges *cerebrale* Symptom einer Geschwulst beobachtet worden, welche die *rechte* Seite der Medulla oblongata comprimirte und abplattete. Es existiren viele Fälle, wo dies Symptom mit mannichfachen anderen verbunden vorkam.

c) Hoch oben ziemlich nahe dem Pons kreuzen sich die Bahnen, welche der willkührlichen Bewegung der Hinterfüsse oder wenigstens der Streckung derselben vorstehen.

Es sind beim Menschen Fälle beobachtet, wo in Folge eines Leidens des oberen Marktheils die Beckenglieder allein, nicht aber die Arme gelähmt waren, obwohl die Nerven der letzteren ebenfalls unterhalb der Verletzungsstelle abgingen. Da, wie wir gesehen haben, die Nervenbahnen der Hinterfüsse, schon ehe sie die Kreuzung eingehen, ihre spinalen Beziehungen zur kinesodischen Substanz mehr und mehr aufgeben, so dass die Folgen der Unterbrechung ihrer directen Erregungsbahnen nicht mehr wie im Rückenmark durch die Wechselwirkung mit der grauen Substanz ausgeglichen wird, so könnte hierin vielleicht der Schlüssel zu der angeführten sonderbaren Form der Lähmung gesucht werden. Hat die kinesodische Substanz wirklich besondere characteristische mikroskopische Elemente und bestehen diese in den von *Jakubowitsch* unterschiedenen Bewegungszellen, so ist es vielleicht von Bedeutung, dass diese sich im oberen Theil des verlängerten Markes so sehr vermindern, dass *Jakubowitsch* selbst sie hier bis jetzt noch vermisste. Fehlten sie wirklich ganz, so würde dies freilich ihre Bedeutung als Bewegungszellen geradezu widerlegen, da vom verlängerten Mark doch unläugbar eine grosse Zahl von Bewegungen direct ausgeht.

d) An der Uebergangsstelle des verlängerten Markes in den Pons findet eine abermalige Kreuzung, eine Rückkreuzung der Bahnen statt, welche der seitlichen Beugung der Wirbelsäule und des Kopfes vorstehen, so dass diese wieder auf dieselbe Seite gelangen, welche sie im Halsmark einnahmen.

e) An derselben Stelle scheinen auch einige Nervenbahnen für die vorderen Extremitäten auf die andere Seite des Centralnervensystems überzugehen.

Die hier aufgeführten sind wahrscheinlich nicht alle Kreuzungen, welche im verlängerten Marke vorkommen, sondern nur diejenigen, welche bis jetzt durch den Versuch genauer nachgewiesen wurden. Es wird z. B. uns bald sehr wahrscheinlich werden, dass auch die Bahnen, welche der Rotation der Wirbelsäule um ihre Längsaxe vorstehen,

sich an der Uebergangsstelle in den Pons kreuzen, da wir sie in diesem gleich gekreuzt antreffen.

Nach dem Vorhergehenden wird es ersichtlich, dass die früheren Reizversuche, welche die Frage nach der gleichseitigen oder gekreuzten Wirkung des verlängerten Markes lösen sollten, je nach der verschiedenen Anspruchsstelle ein um so verschiedeneres Resultat geben mussten, als man dabei vorzugsweise die Extremitäten in's Auge fasste. *Flourens*, *Hertwig*, *Magendie* und andere entschieden sich für eine gleichseitige Wirkung, während andere Forscher, die eben so richtig beobachteten, dieselbe gekreuzt sahen. Auch in den pathologischen Erfahrungen am Menschen begegnen wir demselben Widerspruch.

Von besonderem Interesse ist der Ausspruch von *Lorry*, dass Eingriffe in das verlängerte Mark gleichseitige Convulsionen und ungleichseitige Lähmung hervorbringen sollten. Es könnte dies, wenn es vollkommen richtig wäre, zur Erklärung einer schon den alten Griechen bekannten pathologischen Thatsache benutzt werden. Aber die Sache ist nicht so einfach. Reizt man bei einem anästhesirten noch recht kräftigen Thiere das unverletzte verlängerte Mark von hinten her, so entstehen (reflectirte) Bewegungen in allen 4 Extremitäten und in der Wirbelsäule. Hat man aber ganz in der Nähe des Pons die mechanische Reizung ein oder mehrere Male, bis sie local zerstörend eingreift, auf einer Seite einwirken lassen, so dass Lähmung des entgegengesetzten Hinterfusses entsteht und man geht jetzt (bei geöffneter Schädelhöhle) mit der Reizung etwas weiter nach oben bis an den Ponsrand (und so geschah es vermuthlich der Beschreibung nach in *Lorry*'s Experimenten) so wirkt der Reflex von den getroffenen sensibeln Hirntheilen nur auf die entsprechende hintere Extremität, während die andere unthätig verharrt. Ist das Thier aber bei Anfang des Versuches weniger kräftig, so zeigt sich bei der ersten Reizung die Bewegung oft *nur* auf der *anderen* Seite.

In Betreff der Leitung der *Sensibilität* lässt sich im verlängerten Mark keine Kreuzung bemerken.

7) Gibt es im verlängerten Mark eigentlich *motorische* Bündel?

Wir haben bis jetzt nachgewiesen, dass das verlängerte Mark, wie das Rückenmark, Bahnen für die Bewegungsleitung enthält. Es fragt sich aber, ob diese Bahnen auch direct motorisch sind, d. h., ob sie durch äussere Reize und überhaupt auf anderem als auf *reflectorischem* Wege angeregt, Bewegungen in den ihnen entsprechenden Muskeln hervorrufen können. Alle Versuche scheinen hierauf *negativ* zu antworten. Es ist freilich nicht möglich, hier wie beim Rückenmark alle sensibeln Theile zu entfernen und dann die Reize einwirken zu lassen. Da wir aber wissen, dass die sensibeln Theile mehr nach hinten liegen, und die Durchschneidung der vorderen schon Lähmung erzeugt, so können wir mechanische Reize auf den genannten Marktheil von vorn her, ohne Anregung der Sensibilität so lange einwirken lassen, bis Lähmung entsteht. Bei diesem Versuche habe ich nun niemals irgend eine auffallende Zuckung der Muskeln beobachtet, deren Leitungsbahnen ich zerstörte. Auch chemische Reize blieben ohne Erfolg. Greift man aber das Mark von hinten her an, so dass der Reiz direct die sensibeln Bahnen und nur reflectorisch die bewegungsleitenden trifft, so entstehen stets Zuckungen und Convulsionen. Es ist hier natürlich nur auf die Extremitäten Rücksicht genommen, denn in denjenigen Theilen, deren motorische Nervenwurzeln direct vom Mark abgehen, entstehen auch Zuckungen, wenn man von vorn her reizt.

Ueber die in einigen Fällen von Krankheiten des verlängerten Marks beobachteten angeblich excentrischen Schmerzen in peripherischen Theilen werden wir in der Physiologie des Gehirns berichten.

B. Reflexe im verlängerten Marke.

Wir werden nur die wichtigsten und bekannteren hervorheben.

1) Athmungsbewegungen.

Schon den Alten war es bekannt, dass eine Verwundung, die einen grösseren Theil des im Nacken enthaltenen Markes trifft, plötzlichen Tod herbeiführt. *Lorry* und *Legallois* haben die für das Leben so ganz unentbehrliche Stelle des Nervensystems auf das verlängerte Mark beschränkt.

Der Letztere hatte sogar schon angegeben, dass sie in der Nähe der Ursprungsstelle des zehnten Nerven liegt.

Flourens hat sich zu verschiedenen Zeiten mit der genaueren Bestimmung des Punktes beschäftigt, von welchem die respiratorischen Bewegungen ausgehen.

In seinen früheren Untersuchungen fand er (Recherches sur le syst. nerv. pag. 199).

a) Dass ein Querschnitt durch das verlängerte Mark *unmittelbar über* den Ursprung des 10. Nerven die Athembewegungen des Rumpfes noch bestehen lässt, die des Kopfes hingegen aufhebt.

b) Ein Querschnitt etwa 3 Linien hinter dem Ursprung des 10. Nerven lässt die Athembewegungen des Kopfes bestehen, muss aber die des Rumpfes vernichten, weil seine motorischen Nerven nicht mehr mit dem Centrum der Respiration zusammenhängen.

c) Jeder Schnitt zwischen den beiden angegebenen Punkten hebt die Respiration gänzlich und augenblicklich auf.

Das Centrum der Athembewegungen, d. h. derjenige Punkt des Nervensystems, in welchem gewisse, vorläufig noch nicht genauer bestimmte Erregungen auf alle Athmungsnerven so reflectirt werden, dass sie dieselben zu harmonisch geordneter Thätigkeit anregen, beträgt also nur wenige Linien. Fehlt dies Centrum, so kann eine mechanische Reizung, z. B. des Cervicalmarkes, noch die Athemnerven erregen, die in demselben verlaufen und so noch Thätigkeit der respiratorischen Muskeln bewirken. Aber diese Erregung ist nicht mehr scheinbar spontan, sie ist nicht mehr harmonisch, sie hört *sogleich* mit dem äusseren künstlichen Reize auf, weil der im Körper normal vorhandene Reiz nur im angegebenen Punkte des Centrums die mechanischen Bedingungen zu seiner gehörigen Uebertragung findet.

Mögen die einzelnen Athemnerven auch noch so weit von der angegebenen Stelle das Mark verlassen, nur hier, am bezeichneten Punkte finden sie die Anregung zu ihrer Thätigkeit.

Diese Einrichtung ist nicht den Säugethieren eigenthümlich, sie findet sich in allen Wirbelthierclassen.

Die anderen Wirbelthiere und unter den Säugethieren diejenigen, welche unter dem Einfluss der Kälte das Athmen einige Zeit entbehren können, sterben zwar nicht ganz augenblicklich nach Verletzung der angegebenen Stelle, sie leben um so länger fort, je geringer ihr Athembedürfniss ist, aber die Respiration ist durch diese Verletzung immer plötzlich aufgehoben.

Künstliche Respiration (siehe darüber bei der Lehre vom Athmen) kann nach der Verletzung oder der Exstirpation des verlängerten Markes das Leben der Säugethiere noch erhalten.

Später hat *Flourens* (1851) versucht, noch genauer als bisher den Centralpunkt der Athembewegungen in der Medulla oblongata zu bestimmen. Er glaubte ihn jetzt in einem Stecknadelkopf grossen Punkt der grauen Substanz zu erkennen, der sich gerade in der Mitte und im hin-

tersten Winkel des Calamus scriptorius befinde. Jede Verletzung der hier in Form eines kleinen Dreiecks zusammengedrängten grauen Masse hebe jede Respirationsbewegung gänzlich auf, und bewirke bei Säugethieren plötzlichen Tod. *Flourens* hat daher diese kleine Stelle als den Lebensknoten, Noeud vital, bezeichnet.

Diese spätere Bestimmung ist jedoch nicht richtig. Dass in diesem Punkte die Einheit der respiratorischen Bewegungen nicht *untrennbar* enthalten sei, geht bereits aus den früheren Versuchen von *Volkmann* an Vögeln und von *Longet* an Säugethieren hervor (die ich bestätigen kann) nach denen eine *Längstheilung* des ganzen verlängerten Markes, also auch dieses Punktes, die Athembewegungen beider Körperseiten *nicht aufhebt.*

Der geistvolle *Hyrtl* hat sich zuerst in seiner topographischen Anatomie mit Recht gegen die neuere Ansicht von *Flourens* mit der ihm eigenthümlichen beissenden Schärfe ausgesprochen. Es ist in der That schwer zu glauben, dass wenn man, wie *Flourens* that, mit einem Locheisen den Noeud vital heraussticht, nur die erzeugte Lücke und nicht die Erschütterung irgend eines der so sehr vulnerabeln Nachbartheile den plötzlichen Tod bewirkt haben solle.

Ich habe 1852 Versuche mitgetheilt, in welchen die Spitze des Calamus mit einem Messerchen durchbohrt wurde, das ich dann nach einer Seite hin auswärts herüberführte, ohne dass das Leben der Thiere (Hunde) dadurch unmittelbar bedroht wurde. Die Athembewegungen des Kopfes auf der verletzten Seite haben nach diesem Versuche fortgedauert und dasselbe war der Fall, wenn ich den Versuch eine Linie weiter nach oben wiederholte. Das einheitliche Centrum der Athembewegungen, wenn es ein solches gibt, muss also höher gegen den Vagus hin liegen.

Auch *Brown-Sequard* hat sich gelegentlich (Experim. Researches on the spinal cord. Richmond 1855 pag. 51) gegen die Ansicht von *Flourens* ausgesprochen, aber er geht zu weit, wenn er behauptet, dass noch nach Entfernung der ganzen Medulla oblongata die Respiration fortdauern könne. Hier hat er wohl nur die oben besprochenen momentanen Reizerscheinungen in den Respirationsmuskeln vor sich gehabt. Auch scheint er diese Angabe selbst im gleichen Jahre in seiner Bewerbungsschrift um einen Platz in der Academie pag. 11 zu widerrufen.[1])

Thatsache ist, dass wenn man vorsichtig verfährt und keine Nachbartheile zerrt, man den Lebensknoten von *Flourens* und das ihn umschliessende Dreieck von grauer Substanz ganz und gar *herausschneiden* und das Thier noch mehrere Tage in anscheinender Gesundheit überleben kann.

Es ist mir ferner gelungen, aus der *ganzen Länge* der Medulla oblongata das auf dem Boden der Mittellinie liegende Stück grauer Substanz in der Breite von $1\frac{1}{2}$ ja nahezu 2 Linien herauszuschneiden, ohne die Athmung aufzuheben. Geht man aber mit dem Messer noch weiter nach der Seite, ohne noch die weissen Stränge zu berühren, oder indem man dicht an ihnen hinstreift, so hört die Athmung auf, so wie man den oberen äusseren Theil der Ala cinerea einschneidet. Sie steht nur auf einer Seite still, wenn diese Verletzung einseitig war.

Jede Körperhälfte hat daher ihr eigenes Athmungscentrum. Beide respiratorische Centra sind durch eine ziemlich breite Zwischenmasse grauer Substanz von einander geschieden. Diese Athmungscentra liegen nur äusserst wenig hinter der Austrittsstelle der Vagi nahe dem Seiten-

[1]) Vergl. jedoch das neueste Heft seines Journal de Physiologie 1858, das mir während der Correctur erst zugekommen ist.

rande der grauen Masse, die den Boden der vierten Hirnhöhle bildet. Sie reichen weniger weit nach hinten als die Ala cinerea selbst, deren hinteren Theil ich noch ohne unmittelbare Gefährdung des Lebens ablösen konnte.

Es ist leicht zu beweisen, dass im erwähnten Versuche der plötzliche Tod der Thiere *primär* durch Aufhebung der Athmung und nicht etwa, wie *Legallois* schon für möglich erachtet, durch Schwächung der Herzthätigkeit oder durch andere Veränderungen entsteht, die man der Reizung oder Lähmung der hier unvermeidlich mit leidenden Vaguswurzeln zuschreiben kann. Man kann nämlich erst die Vagi am Halse durchschneiden und dennoch bleibt der Erfolg des Versuches derselbe. Man kann auch, wie wir später sehen werden, den etwa möglichen Verdacht zurückweisen, dass Reizung der centralen Vaguswurzeln die Respiration aufhebe.

Die bezeichnete Stelle wirkt also als *Centraltheil* auf die Athembewegung.

Sie pflanzt ihre Erregung nach hinten durch die Seitenstränge fort.

Die Verletzung anderer als der eben genannten Theile des verlängerten Markes lässt zwar das Leben und die Athmung bestehen, aber vermuthlich durch den sie begleitenden Bluterguss, der auf das Athmungscentrum einwirkt, können sie die Respiration in doppelter Weise verändern.

a) Jeder schwache Bluterguss um das verlängerte Mark und jeder Druck auf dasselbe macht die Athmung seltener und mühevoller.

b) Ist der Bluterguss reichlicher oder der Druck stärker, so beobachtet man bei verschiedenen Säugethieren ein eigenthümliches Symptom, nach dessen Analogon ich mich bis jetzt umsonst in der menschlichen Pathologie umgesehen habe und auf das ich die Aufmerksamkeit der Aerzte lenken möchte. Die Respirationen fehlen eine viertel oder eine halbe Minute ganz, beginnen dann langsam, beschleunigen sich, nehmen darauf wieder ab, bis eine abermalige Pause eintritt. Es scheint dies von Schwankungen in der Stärke des Druckes bedingt, der nothwendig von der Kraft des Herzschlages abhängig ist.

Hat man ein Stück aus der Mittellinie des verlängerten Markes ausgeschnitten und hält man darauf ein Nasenloch zu, so wehrt sich das Thier, wenn es noch kräftig ist, jetzt nur mit dem Fusse der entsprechenden Seite, und nicht mehr mit dem der anderen. (So ist es wenigstens in den ersten Stunden nach der Operation.) Entfernt man den Finger, so athmet nur das betreffende Nasenloch häufiger, das andere hält seinen normalen Rhythmus ein.

Die Zwischensubstanz zwischen beiden Athmungscentren scheint also die normale Harmonie der Athembewegungen zu vermitteln, die beim unverletzten Thiere nie vermisst wird und die selbst nach der Längstheilung des verlängerten Markes noch vorhanden scheint, so lange man das Thier sich selbst überlässt.

Budge hat schon bemerkt, dass die Entfernung des Gehirns die Athmung verlangsamt. Es scheint mir aber diese Verlangsamung, die nur bei Säugethieren und manchmal bei Vögeln hervortritt, nur vom Bluterguss an der Schädelgrundfläche abzuhängen. Die Athmung kann dabei ganz normal bleiben oder zugleich mühevoll werden.

Man darf also nicht, wie *Budge* thut, auch dem Gehirn einen mittelbaren oder gar wie *Brown-Sequard* irrigerweise glaubt, einen *unmittelbaren* Antheil an der Erzeugung der Athembewegungen zuschreiben, der sich vom Einfluss des verlängerten Markes nur dem Grade nach unterscheide.

Näheres hierüber bei der Betrachtung des Nerveneinflusses auf die Athmung.

2) *Erbrechen.*

Das beim Erbrechen stattfindende Zusammenwirken der Muskeln, wesentlich Exspiratoren, wird, selbst nach Durchschneidung der Vagi, vom verlängerten Mark vermittelt.

Entfernt man einem jüngeren Hunde oder einer Katze vorsichtig das grosse und kleine Gehirn und legt einen weichen Schwamm an deren Stelle, so bewirkt Brechweinstein noch Vomuturationen und Erbrechen. Zerstört man jetzt sogleich, ohne noch einmal zu anästhesiren, das verlängerte Mark, so hört trotz der künstlichen Respiration die Wirkung auf. Sie tritt gar nicht ein, wenn man sogleich nach der Darreichung des Salzes den genannten Centraltheil quer durchschneidet.

Nach querer Trennung nur einer Hälfte des verlängerten Markes wenigstens in der Höhe des Calamus ist aber normales Erbrechen noch möglich. Ebenso nach einseitiger Durchschneidung des oberen Cervicalmarkes. Der Reiz scheint also von jeder Seite des Bulbus für sich ausgehen zu können und sich erst im Rückenmark auf beide Hälften zu verbreiten, wenn er hieran in den oberen Theilen gehindert ist.

Sehr interessant ist nun folgender Versuch:

Einem grösseren Hunde durchschneide man am unteren Theile des verlängerten Markes den Seitenstrang der rechten Seite. Die rechten Exspirationsmuskeln bleiben nun bei der Athmung fortwährend ganz unthätig und scheinen wie gelähmt. Nachdem das Thier von der äusseren Wunde vollständig genesen ist und frei umherläuft, gibt man ihm eine Dosis Brechweinstein. So oft jetzt das Thier erbricht, fühlt man deutlich, wie die sonst stets erschlafften Bauchmuskeln der rechten Seite sich dabei ganz normal zusammenziehen. Das Erbrechen selbst ist durch die vorhergegangene Operation gar nicht gehindert. Ich empfehle den Versuch an der *rechten* Seite zu machen, weil hier die Untersuchung mittelst des Gefühles unzweideutiger ist.

3) *Defaecation.*

Auch die bei dieser Verrichtung vorkommenden Bewegungen des Zwerchfelles und der Bauchmuskeln werden bei *Säugethieren* vom verlängerten Marke beherrscht. Nach der Entfernung des letzteren sieht man zwar noch Entleerung des Mastdarmes, aber ohne Mitbewegung der Bauchmuskeln. Sie geschieht hier blos durch Zusammenziehung des Darmes selbst. Auch die hier in Betracht kommenden Bewegungen schienen mir nach Durchschneidung einer Hälfte des Markes nicht verändert. Bei Fröschen ist die Mitbewegung der Bauchmuskeln beim Harnausspritzen und bei Schlangen die Zusammenziehung des ganzen Körperumfangs bei der Defäcation nicht an die Anwesenheit des verlängerten Markes gebunden.

Ich habe hier nur von wenigen Bewegungen gesprochen, deren Motoren nicht direct vom verlängerten Marke innervirt werden und die dennoch im letzteren ihr vermittelndes Centrum finden. Es ist natürlich, dass alle Bewegungen, die irgend durch Nerven vermittelt werden, die im verlängerten Mark selbst entspringen, wie Schlucken, Blinzeln, Saugen u. s. w. ebenfalls hier ihr Centrum haben, in welchem sie reflectorisch angeregt werden.

Was das Saugen betrifft, so ist es bei jungen Thieren ganz unwillkührlich, und wird durch jeden im Munde die Quintusäste reizenden Körper angeregt, selbst wenn, wie *Panizza* und *Grainger* nachgewiesen haben, das Hirn zerstört ist. Dieser Reflexmechanismus scheint sich im späteren Alter zu ändern.

Auch die Gestikulationen nach heftigen unangenehmen Geschmackseindrücken hängen nur vom verlängerten Mark ab und dauern bei Hunden nach der Enthirnung fort.

Wenn es sich bestätigen sollte, dass bei Menschen, bei welchen eine Seite des Gesichtes alle Bewegung in Folge von Vorstellungen und Sinneseindrücken verloren hatte, noch die gelähmte Gesichtshälfte an den Verzerrungen durch leidenschaftliche Aufregungen Theil nahm, so ist auch das Centrum dieser Bewegungen wahrscheinlich im verlängerten Marke zu suchen.

Alle Reflexbewegungen der Extremitäten sind bei Anwesenheit des verlängerten Markes viel mehr verallgemeinert als nach Entfernung desselben. Namentlich begünstigt dieser Theil der Centra den Uebergang der Reflexbewegungen bei Säugethieren von einer Körperhälfte auf die andere.

Bestimmter als ich es hier versucht, lässt sich dieser letztere Punkt nicht gut fassen. Auch nach Entfernung des verlängerten Marks sind noch alle Reflexcombinationen möglich, deren erregende Nerven nicht direct verletzt worden sind, aber zusammengesetztere Combinationen kommen seltener vor. Selbst auf die Zusammenziehung der Exspirationsmuskeln des Bauches können starke Hautreize nachwirken, wenn das oberste Cervicalmark durchschnitten ist.

Schon im vorigen Jahrhundert hat *Hofmann*, in dem unsrigen haben *J. Müller* und einige andere Schriftsteller das verlängerte Mark als den centralen Sitz des Willens und der Empfindung betrachtet.

Was den „Willen" betrifft, lässt sich diese Ansicht sowohl vom speculativen als vom experimentellen Standpunkte aus widerlegen. Wir haben bei Besprechung der psychischen Thätigkeit des Rückenmarkes schon darauf aufmerksam gemacht, dass der sogenannte Wille nicht ohne die Mitwirkung der centralen Sinnesorgane zu Stande kommen kann. Nach der Entfernung der *Hirnlappen* wirkt keine Erregung der höheren Sinne mehr auf Bewegungen entfernter Körpertheile ein. Da aber nach der genannten Operation die äusseren Sinneseindrücke selbst noch aufgenommen werden, ihre *Aufnahme* also nicht durch die Hirnlappen vermittelt ist, so kann die Thätigkeit der letzteren nur in der weiteren *Reflexion* dieser aufgenommenen Eindrücke bestehen und diese, wenn sie auf motorische Apparate wirkt, ist es, welche wir „Wille" nennen. Derselbe kann also nicht nach Entfernung der Hirnlappen, auch nicht einmal potentia, d. h. ohne Anregung zur wirklichen Manifestation, als fortbestehend gedacht werden.

Erfahrungsgemäss zeigen enthirnte Thiere gar keine Bewegungen, die wir dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach als „willkührliche" d. h. scheinbar spontane deuten müssten. Die Bewegungen sind nur dem *Grade* nach von denen nach der vollständigen Enthauptung verschieden. Bei niederen Thieren, z. B. beim Frosch, treten allerdings grössere Unterschiede hervor, weil hier das sogenannte verlängerte Mark zugleich Mittelhirn, d. h. Organ der coordinirten Körperbewegungen ist.

Ein fernerer Beweis, dass die medulla oblongata nicht Centrum des Willens ist, besteht darin, dass Schnitte durch eine Hälfte des *über* ihr gelegenen Mittelhirns bei allen willkührlichen Bewegungen noch Störungen des *Gleichgewichtes* veranlassen. Woher diese Störungen, wenn die Erregung hier nicht das Mittelhirn zu durchsetzen hätte, um sich auf die Muskeln des Körpers und der Extremitäten fortzupflanzen?

In Betreff des Gefühles steht es zwar fest, dass Empfindungen aus *allen* Theilen des Körpers, deren Nerven vom verlängerten Marke abgetrennt sind, nicht mehr zum Bewusstsein gelangen, so dass auch Gefühlsnerven, die *oberhalb* der Medulla oblongata entspringen, durch die letztere hindurchleiten müssen. Dies beweist aber nur, dass sie Durchgangs-

punkt aller Empfindungsnerven, nicht dass sie der Ort ist, wo sie wirklich *empfinden* d. h. ihre Erregungen gegenseitig so austauschen, dass dadurch die Vorstellung einer veränderten *Persönlichkeit* entsteht; letztere ist erst in einer Wechselwirkung mit den Sinnescentren begründet. Experimentell lässt sich hierüber nichts feststellen. Da die Pathologie lehrt, dass alle Empfindungsnerven im Centrum beim Menschen sich kreuzen, so müsste, wenn wir dasselbe auch bei Thieren annehmen, von diesem Centrum gefordert werden, dass seine einseitige Durchschneidung entweder *keine* Hyperästhesie, oder eine solche in der *entgegengesetzten* Körperhälfte hervorrufe. Beidem entspricht das verlängerte Mark nicht.

Es gehört nicht zu den sehr grossen Seltenheiten, dass sich bei Leichenöffnungen Entartungen eines grossen Theils des verlängerten Markes entweder in der Mittellinie oder in einer Seitenhälfte vorfinden, die sich im Leben angeblich durch keine, oder vielmehr nicht durch so auffallende und heftige Symptome verriethen, wie das fast allgemein verbreitete Vorurtheil der Aerzte sie erwartet. Die bisherigen Erörterungen können zeigen, dass jene Fälle nicht in dem Grade den Resultaten der Physiologie widersprechen, wie man es geglaubt hat. Das verlängerte Mark, obgleich einer der wichtigsten Reflectoren, ist, wie wir gesehen, zum *grossen* Theil *Leitungsorgan*. Als solches kann es beträchtliche Unterbrechungen der in ihm enthaltenen Bahnen durch Reflexion auf die kinesodische und ästhesodische Substanz — selbst der anderen Markhälfte — ausgleichen. Wenn auch diese Ausgleichung bei Thieren wahrscheinlich lebhafter erfolgt, so besitzt sie, wie die Pathologie beweist, auch beim Menschen eine beträchtliche Stärke. Es ist Erreger von Mitbewegungen und Reflexen, diese können bei seiner partiellen Zerstörung theilweise verloren gehen, ohne dass dabei die Fortleitung cerebraler Bewegungsantriebe unterbrochen würde. Umgekehrt können — und auch dafür sprechen Versuche an Thieren, die ich gelegentlich mittheilen werde — bei seiner blossen *Reizung* durch einen Stich manche Mitbewegungen auf der entsprechenden Körperseite energischer werden, als im normalen Zustande.

Der Einfluss des verlängerten Markes auf die Athmung ist nicht an einen einheitlichen Punkt für beide Körperhälften gebunden, sondern für jede Hälfte besonders an eine von der Mittellinie weit entfernt liegende Stelle, so dass viel mehr als eine ganze Seitenhälfte dieses Markes zerstört sein kann, ohne dass das Leben unmittelbar gefährdet wird. Geht die Entartung auf die mehr nach aussen gelegenen Seitentheile über, so werden natürlich die Nerven, welche hier abgehen, total gelähmt sein, hingegen sah ich bestimmt keine Lähmung des Accessorius nach Ausscheiden des sogenannten Accessoriuskernes, keine Lähmung des Hypoglossus, als der entsprechende Kern mit einer dicken Nadel durchbohrt wurde, die ich einige Male hin und her bewegte. Hingegen darf ich nicht behaupten, dass nach dem letzteren Versuch die Bewegungen der Zunge ganz normal und coordinirt waren. Denn obschon sie gehörig und gerade vorgestreckt, obschon die Lippen auf beiden Seiten beleckt, obschon Senf an die Nasenöffnungen gebracht, durch die Zunge gehörig entfernt wurde, so blieben der operirten Katze, wenn ich ihr grössere Bissen gab, dieselben beim Schlucken oft länger als normal am Gaumen kleben.

Es lässt sich daher physiologisch wohl die Beobachtung der Pathologen erklären, dass Entartungen der Medulla oblongata, die sich selbst dem Pons ziemlich nähern, so weit diese Medulla nur Leitungsorgan für die Bewegungen ist, auf letztere keinen so sehr nachtheiligen Einfluss

ausüben, wie manche viel kleinere Degenerationen am obersten Theil des verlängerten Markes und in jenen Hirntheilen, die als centrale Herde gewisser Bewegungen in ganz *andere* Beziehungen zur grauen Substanz treten, so dass eine locale Lähmung dieser Organe nicht mehr durch die andere Körperhälfte oder durch benachbarte Theile jemals ausgeglichen werden kann.

Noch ein Wort über die *Ursachen des Todes* bei Thieren, welche nach Verwundung der Medulla oblongata die unmittelbaren Folgen der Verletzung überleben. In den meisten Fällen sind diese Todesursachen nicht zu ermitteln, wenn der Tod in den ersten Tagen nach der Operation erfolgt. Es geht hier dann ebenso wie bei sehr vielen anderen schweren Verwundungen. In anderen Fällen entsteht allmählich bei jungen Thieren, oft schon in auffallend kurzer Zeit, eine von der Lähmung der in den Vagis verlaufenden vasomotorischen Fasern abhängige Lungenhyperämie (mit Emphysem),[1]) die das Thier tödten kann, wenn sie eine grössere Ausdehnung erreicht. Die Zeit, in der diese öfters auch bei Menschen nach Krankheiten des genannten Theiles eintretende Lungenhyperämie sich bildet, ist verschieden, je nachdem die Verwundung primär, oder erst eine von den Wundrändern ausgehende secundäre Veränderung (Erweichung), die Wurzeln der Lungengefässnerven gelähmt hat. Durch die erwähnte secundäre Erweichung, die sich allmählich bis zu beiden Athmungscentren verbreitet, kann auch die Respiration direct zuerst sehr erschwert, intermittirend gemacht und endlich aufgehoben werden.

Ist die Wunde so angelegt, dass sie die eine Markhälfte lähmt, aber die andere primär oder secundär reizt, so wird dadurch eine Gefässverengerung und Erkaltung in den der gereizten Hälfte entsprechenden Gefässprovinzen hervorgebracht, welche, wenn sie längere Zeit fortdauert, die Thiere sehr zu erschöpfen scheint. Wenigstens sah ich solche Thiere, die ausserordentlich geschwächt waren, durch künstliche Erwärmung sich wieder beleben.

Die genannten Verhältnisse machen sich schon in den ersten Tagen geltend, wichtigere Todesursachen als die erwähnten Gefässnerven der Körperoberfläche, die im verlängerten Mark enden, nachdem sie sich, wie einige vereinzelte Versuche andeuten, die ich noch nicht gehörig verfolgt, zuerst vielleicht *gekreuzt* haben, geben in späterer Zeit, oft nach mehreren Wochen, die Gefässnerven innerer Organe ab, die das verlängerte Mark nur durchsetzen, um in höheren Hirntheilen (Pons, Sehhügel) zu verlaufen. Ihre Lähmung nach der Durchschneidung im verlängerten Marke macht sich je nach den Arten der Thiere und je nach ihrer Verpflegung mehr oder weniger energisch geltend und eine Art der Nahrung, die dem gesunden Thiere sehr zuträglich wäre, kann hier, durch Reizung des hyperämischen Magens, sogar sehr leicht zur Durchbohrung desselben und zum Tod durch Peritonitis führen.

Wo der Schnitt hoch oben angebracht war, so dass eine Hinterextremität anhaltend gelähmt ist, oder wo die Wirkung der Verletzung die Mittellinie etwas überragt, so dass die Thiere, oft beiderseits hyperästhetisch, lange Zeit auf einer Seite liegen, droht selbst bei Hunden, trotz ihrer sehr dicken Haut und ihres starken Haarpolsters, Decubitus mit seinen verderblichen Folgen am Trochanter oder an der Schulter auszubrechen. Ueber diese Verhältnisse Näheres bei der Erörterung des Nervenflusses auf die Circulation.

---

[1]) Vergl. meine Arbeit über die neuroparalytische Hyperämie der Lungen, Tübinger Archiv 1847 und 1850.

III. THÄTIGKEITEN DES GEHIRNS.

Das Gehirn zerfällt für unsere Betrachtungen in drei Hauptabtheilungen. 1) Die *Hirnlappen*, welche ausser den im engeren Sinne so genannten Theilen auch noch die gestreiften Körper umfassen. 2) Das *Mittel-* oder *Basalhirn*, von den Sehhügeln an rückwärts bis zum verlängerten Mark; mit einer Unterabtheilung, dem *Kleinhirngürtel*, welcher die unteren queren Fasern des Pons und ihre Fortsetzungen nach oben begreift, so weit sie sich bis in die Lappen des kleinen Gehirns verbreiten. (Von den übrigen Theilen des Kleinhirns wissen wir nichts.) 3) Das *Vierhügelsystem*, auf einem Theile des Basalhirns aufsitzend mit paarigen Fortsetzungen nach vorn und unten, dem Tractus opticus; und wahrscheinlich nach hinten und oben, den sogenannten vorderen Kleinhirnschenkeln. Obwohl die Trennung des Pons von den obersten Schichten des verlängerten Markes eine nur anatomische und fast eine künstliche ist, ziehe ich es im Interesse der grösseren Verständlichkeit der anzuführenden Facta vor, hier den Zusammenhang abzubrechen und mit den Hirnlappen zu beginnen.

Methode der Forschung. Die Physiologie des Gehirns kann entweder die pathologische Beobachtung zu Grunde legen oder den directen Versuch an Thieren. Da sich sehr wahrscheinlich das Gehirn des Menschen in mehr als einer Beziehung von dem der Thiere in physiologischer Beziehung unterscheidet, so wäre die auf die Pathologie gegründete Forschungsmethode unstreitig vorzuziehen, wenn ihre Resultate nicht, wie wir sehen werden, im höchsten Grade zweideutig wären und die verschiedensten Interpretationen zuliessen, die sich oft diametral entgegengesetzt sind.

Wir müssen uns also an den Versuch halten und hier haben wir die Vorfrage zu beantworten, ob die Methoden, deren wir uns zur Blosslegung und Entfernung der Gehirntheile bedienen, nicht schon an sich Fehlerquellen bedingen, welche die Beurtheilung des Resultates erschweren oder gar unmöglich machen können.

Operirt man an blossgelegten Hirntheilen, so wird schon die Entfernung der Schädeldecken einen Blutverlust bedingen, sie wird das Gehirn erkalten lassen und es unter andere Druckverhältnisse bringen.

Der Blutverlust ist bei den Thieren, an welchen man in der Regel operirt, bei möglichst *rascher* Abtragung der Schädelknochen gar nicht so bedeutend wie man sich gewöhnlich vorstellt. Er ist beträchtlicher bei der (übrigens für unsere Zwecke entbehrlichen) Blosslegung des kleinen Gehirns, als bei der des grossen. Die Blutung stillt sich, wie schon *Magendie* richtig bemerkt, sehr bald, wenn man das Thier frei athmen lässt, und die Athmung stellt sich, sobald das Thier frei gelassen wird, um so eher wieder normal ein, da diese Versuche nicht einmal, wenn man durch Uebung die grösseren Quintusäste zu vermeiden weiss, zu den schmerzhaften gehören. Aetherisirt man die Thiere, so ist der Blutverlust zwar etwas grösser, aber nie so bedeutend, dass er die in Betracht kommenden Functionen des Thieres irgend zu stören vermöchte. Ich wende daher auch hier die Aetherisation an, lasse aber, sobald die zu prüfenden Theile blossgelegt sind — also vor deren Verletzung — das Thier vollkommen wieder erwachen.

Die *Erkaltung* des Gehirns ist bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur ohne Einfluss. Im Gegentheil gelingen diese Versuche aus anderen Gründen alle besser bei niedriger Temperatur als bei höherer, daher verschiebe ich dieselben so viel als möglich auf den Winter.

Die veränderten *Druckverhältnisse* kommen auf doppelte Weise in Betracht.

Jede Wunde, die einen Theil des Gehirns blosslegt, modificirt, wie *Bourgougnon* auf höchst sinnreiche Weise mit einem eingesetzten Glascylinder schon vor langer Zeit bewiesen,[1]) und *Donders* auf eine ähnliche Art bestätigt hat, alle Druckverhältnisse im Schädel so sehr, dass hierdurch regelmässig abwechselnde Bewegungen des Gehirns entstehen. Diese Störung ist aber, wie man sich leicht überzeugen kann, ohne Einfluss auf die von uns zu besprechenden Verhältnisse. Eben so wenig directen Einfluss hat das Abfliessen der Cerebrospinalflüssigkeit. Man kann selbst die Seitenventrikel des Gehirns öffnen und die darin enthaltene Flüssigkeit mit einem Schwämmchen aufsaugen und dennoch wird, wenn sich in der Schädelhöhle kein Blutextravasat angesammelt hat, niemand ein so operirtes Kaninchen, dem man das abgehobene Schädelfragment wieder aufsetzt und die Hautwunde sorgfältig vernäht, leicht von einem gesunden unterscheiden können.

Anders hingegen ist es, wenn sich Blut auf der Schädelbasis ansammelt. Der Druck dieses Extravasates hat oft sogleich, oder wenn es sich beim Gerinnen znsammenzieht, die nachtheiligsten und störendsten Folgen. Das Blut muss sich daher, wenn der Versuch irgend brauchbar sein soll, stets frei nach aussen entleeren können. Dies erreicht man eher bei grossen als bei kleinen Schädelwunden. Letztere sind daher stets zu vermeiden, wenn sie sich nicht auf eine sich sogleich von selbst wieder schliessende Spalte beschränken. Sobald aber bei Anlegung einer solchen Blutverlust eintritt, thut man am besten, sie möglichst schnell zu erweitern. Thiere die in Folge einer kleinen, aber mit Verletzung eines Blutgefässes verbundenen Operation am Hirn scheinbar apoplectisch sterbend da liegen, lassen sich, wie *Magendie* schon gefunden, und ich oft bestätigt habe, durch möglichst rasche ergiebige Blosslegung des Hirns und Entfernung des Blutes mittelst Schwamm und Pincette, wieder zum Leben und zu anscheinend ganz normaler, unter Umständen *höchst kräftiger* Bewegung bringen. Kleine Substanzverluste der Hirnbedeckung erzeugen auch nach einigen Stunden die den Chirurgen bekannten Hervorquellungen der Hirnmasse, Hirnexuberanzen, die man möglichst vermeiden muss.

Viel wichtiger und bedeutender in ihren unmittelbaren Folgen ist die Veränderung des Gefässdruckes, welche nach einer Blosslegung gewisser Hirntheile von hinten her *ohne alle Verletzung des Knochens* bei Eröffnung der Atlantooccipitalmembran entsteht, und diese hat in der That zu einigen irrigen Angaben in Betreff der Function einzelner Hirntheile mit beigetragen. Wir werden sehen, wie man diese Fehler vermindert.

Man hat vermuthet, dass die *blossgelegten* Hirntheile selbst eine Störung ihrer normalen Circulation erleiden und auch hierin eine bedeutende Fehlerquelle sehen wollen. Es ist möglich, dass sich die Gefässe jener Theile durch die Blosslegung theilweise verengen und dass hierdurch sogar im *subjectiven* Befinden des Thieres Aenderungen entstehen. Diese können aber unsere Schlüsse auch nicht im geringsten beeinträch-

---

[1]) Theses de Paris 1839, Nr. 355, mit einer Tafel.

tigen, da wir ausschliesslich solche *objective* Thätigkeitsäusserungen und ihre Veränderungen nach der Entfernung eines Hirntheiles in Betracht ziehen, die *nach* seiner Blosslegung und vor seiner Wegnahme noch dauernd normal waren.

Aber sehr häufig werden wir statt der Blosslegung eine andere Methode anwenden, bei der die Thiere sehr lange lebend erhalten werden können, indem wir, fast ohne Blutverlust, mittelst eines von aussen durch eine unbedeutende Schädelspalte eingeführten, besonders hierzu construirten Messerchens einzelne Hirntheile durchschneiden und so ihren Zusammenhang mit der Cerebraspinalaxe aufheben. Diese Versuchsweise ist allerdings sehr schwierig und erfordert grosse und anhaltende Uebung, aber wo das Experiment gelingt, gibt es auch sehr scharfe Resultate, die lange beobachtet und controlirt werden können.

Bei der sehr grossen Mannichfaltigkeit der Verrichtungen des Hirns sind es unter seinen unendlich vielen Beziehungen zu den Thätigkeiten des Thieres doch nur sehr wenige, welche sich uns bei Thieren in der Weise objectiv kund geben, dass wir ihre Veränderung durch irgend eine Hirnverletzung genau verfolgen können. Die Resultate der Versuche müssen also schon deshalb relativ sehr ärmlich und ungenügend ausfallen. Bedenken wir ausserdem, dass wir nur auf die gröberen anatomischen Abtheilungen im Ganzen einwirken können, dass aber die uns in die Augen fallende resultirende Veränderung vielleicht nur einem äusserst kleinen nicht zu isolirenden Theilchen jener verletzten Partien entspricht, während uns die Functionen ihrer anderen Bestandtheile ganz entgehen, so werden auch die am meisten gelungenen und die übereinstimmendsten Versuche nur zu dem Schlusse führen, dass in dem abgetrennten Organ Bestandtheile enthalten sind, welche dieser oder jener Erscheinung entsprechen. *Wie* sie es thun, bleibt dann der weiteren Beobachtung vorbehalten.

Aber diese spärlichen Resultate und die Beziehungen, welche sie zwischen gewissen Modificationen der Thätigkeit und einigen Theilen des Gehirns ausdrücken, sind *constant* und *sicher*. Es sind *Thatsachen*, welche sich bei hundertfacher Prüfung stets bestätigt haben, und es wäre eine Verkennung der Aufgabe der Physiologie, wenn wir sie von uns weisen wollten, weil sie uns nicht genügen und unsere Ansprüche nicht befriedigen. Wir werden daher, unbekümmert um die Declamationen einiger Theoretiker, auf dem begonnenen Wege der experimentellen Forschung fortschreiten.

A. Hirnlappen und gestreifte Körper.

Die Exstirpation der Hirnlappen ist eine verhältnissmässig sehr leichte Operation, welche von *Flourens*, *Magendie*, *Hertwig*, *Longet* und manchen anderen häufig ausgeführt worden ist. Im Wesentlichen stimmen auch die verschiedenen Experimentatoren in Betreff ihrer Folgen überein. Dennoch finden sich einzelne untergeordnetere Abweichungen, welche, wie schon die Beschreibungen der Operation vermuthen lassen, und wie ich mich theilweise durch persönliche Anschauung überzeugt habe, daher rühren, dass die verschiedenen Forscher den Umfang der Hirnlappen verschieden auffassten. Um den Versuch der Exstirpation möglichst vollständig anzustellen, müsste man die ganze Schädelhöhle *bis zu den Sehhügeln* herab entleeren, denn die *gestreiften Körper* können nur als die Anfänge der auseinanderstrahlenden Fasern der Hirnlappen betrachtet werden.

Vögel kann man nach Exstirpation der Hirnlappen sehr lange erhalten, ihr Tod scheint nur durch zufällige von der Verletzung selbst unabhängige Umstände endlich herbeigeführt zu werden. Gewöhnlich sterben sie nach einigen Wochen oder selbst nach Monaten, weil sie beim künstlichen Füttern verletzt worden sind.

Die Bemerkungen von *Mac-Gillivray* (Brittish Birds I. pag. 275) über die gefährlichen Folgen einer unbehutsamen künstlichen Fütterung bei jungen Tauben habe ich auch bei älteren enthirnten bestätigt gefunden, leider aber sind die Cautelen, welche der geschätzte Ornithologe für junge Thiere vorschlägt, bei den älteren nicht anzuwenden. Die Ansicht von *Magendie*, der endliche Tod erfolge durch eine immer zunehmende Verhärtung und Zusammenziehung des bedeckenden Blutcoagulums, das zuletzt das verlängerte Mark comprimire, ist nicht richtig.

Säugethiere sterben gewöhnlich nach einigen Stunden, indem gerade in den Fällen, wo die Operation am besten gelungen war, die Thiere, wie wir sehen werden, so unbehutsame rasche und kräftige Bewegungen ausführen, dass sie dabei ihren Körper heftig erschüttern, denselben wider harte Gegenstände anprallen lassen und so die Blutung, welche anfangs gestillt war, unter dem bereits gebildeten Coagulum wieder erneuern. Das Blut das keinen freien Abfluss findet, comprimirt das Basalhirn und endlich die Athmungscentra. So lange man die operirten Säugethiere gehörig überwacht, kann man sie am Leben erhalten.

Wo jene heftigen Bewegungen (die übrigens nie ganz spontan auftreten) fehlen, ist die Operation entweder unvollständig [1]) oder sie ist in Folge zu grossen Blutverlustes bei der Operation, oder (wie oft bei jungen Hunden und Katzen) *nach* derselben als misslungen anzusehen.

Folgen der Exstirpation beider Hirnlappen. Sie sind am besten von *Flourens* beschrieben und das hierhergehörige Material hat *Longet* am besten resumirt.

Hat man beide Hirnlappen nahezu oder ganz vollständig entfernt, so sinken die Thiere in einen schlafsüchtigen oder richtiger ausgedrückt, passiven Zustand, aber ihre Stellung zeigt auf den ersten Anblick gar nichts Auffallendes. Die nähere Untersuchung ergibt am ersten oder an einem der folgenden Tage:

Die Aufnahme der Sinneseindrücke ist erhalten. Dies lässt sich beweisen

a) für das Auge. Die Iris verengert sich sogleich und energisch unter dem Einflusse eines mässig hellen Lichtes (bei Ausschluss der strahlenden Wärme). Ist das Licht sehr grell, so schliesst sich das Auge. In einzelnen Fällen kann sogar, wie *Longet* sah, beim Hin- und Herschwingen einer Kerze der Kopf mitbewegt werden. (Dies habe ich bis jetzt noch nicht beobachtet.)

b) für den Geschmackssinn. Versuche an Vögeln führen hier zu keinem Schluss, aber die Fortdauer desselben bei vollständig der Hirnlappen beraubten Säugethieren ist unwidersprechlich durch *Longet* bewiesen, mit dessen Erfahrungen die meinigen übereinstimmen. Sobald Coloquintenlösung die Zunge berührt, fangen die Thiere an, dieselben zu bewegen, die Lippen werden verzogen, die Kiefer einige Male geöffnet und geschlossen und ich sah immer starke Speichelabsonderung, die vermuthlich auch in *Longet's* Versuchen nicht fehlte.

---

[1]) Siehe unten über die Exstirpation der gestreiften Körper.

c) für den Geruch lässt sich nichts Positives beibringen, aber die Empfindlichkeit der Nasenschleimhaut ist erhalten, wie man sich überzeugen kann, wenn man so operirten Kätzchen Ammoniak vor die Nase hält.

d) das Gehör ist ein Sinn, dessen Erregung nicht *unmittelbar* reflectorisch mit äusserlich sichtbaren Bewegungen verknüpft ist. Alle Reflexe, die es erweckt, sind mehr oder weniger noch durch eine andere Art von Vorstellung, durch ein sogenanntes Urtheil vermittelt. Und so fehlen denn bei enthirnten Thieren nach plötzlichen Detonationen, nach dem Schreien der Raubvögel, dass sie früher so auffallend erschreckte, alle Gehörsäusserungen, ja selbst das Zusammenfahren und das Aufrichten der Ohren. Nichtsdestoweniger glaube ich, das das Gehör erhalten ist, und dies um so eher, da die Operation die Gegend des Gehörnerven nicht im geringsten und jedenfalls viel weniger beeinträchtigt, als die des Sehnerven, dessen Function wir erhalten sahen.

e) das Hautgefühl ist im höchsten Grade ausgesprochen, das Thier schreit, wo man es auch kneipen mag, es reagirt auf fast jede Berührung. Vögel putzen ihre Federn und kratzen sich mit ihrem Schnabel, wenn sie vom Ungeziefer geplagt werden. Ob heftige Gefühle aber das Gefühl der Lust oder Unlust erregen, lässt sich empirisch nicht bestimmen. Gewiss ist, dass alle äusseren Zeichen dieser Affecte fehlen. Schreien und Reflexbewegungen dürfen nicht sicher als solche betrachtet werden. Hat man die operirten Vögel einen oder $1\frac{1}{2}$ Tage hungern lassen und legt ihnen dann Futter auf die Zunge, so verschlucken sie nicht merklich rascher und gebehrden sich beim Schlucken nicht bemerklich anders, als wenn sie eben erst gefressen hätten.

Die Ausführung aller Bewegungen ist so viel man beobachten kann, auf keine Weise aufgehoben, Die Thiere halten sich vollkommen im Gleichgewicht, sie laufen ganz gehörig, wenn sie angestossen werden, und setzen auch, wie wir sehen werden, längere Zeit nach Aufhören des äusseren Reizes die erregten normalen Bewegungen fort. Die Vögel breiten ihre Flügel aus und schlagen mit denselben, wenn sie in die Luft geworfen werden. Kaninchen und Katzen reinigen ihre Schnauze auf den Vorderfüssen, Mäuse putzen sich gehörig. (Dies sah ich nur zwei Male, die übrigen Versuche an Mäusen misslangen.) Frösche machen auf geringe Erregungen solche Sprünge, dass man sie nicht von gesunden unterscheiden kann.

Die Uebertragung der die Haut treffenden Erregungen auf die entsprechenden Bewegungen erhält sich, wenn diese Erregungen nicht der Art sind, dass sie auch im normalen Thier nur *mittelbar*, durch Reflexe auf die Centra der Sinnesorgane, durch sogenannte Vorstellungen, erst Bewegung hervorrufen.

Die organischen Verrichtungen der Verdauung, Secretion und die dazu gehörigen Bewegungen sind ganz ungestört.

Der Unterschied zwischen Schlaf und Wachen erhält sich nach den Beobachtungen von *Flourens*. Hierfür finden sich in meinen Erfahrungen keine Belege, aber sicher habe ich hier Verhältnisse übersehen, die dem scharfen französischen Beobachter nicht entgangen sind. Es ist Thatsache, dass die Thiere nach reichlicher Fütterung während der Verdauung ganz ruhig bleiben, während sie später bei scheinbar sehr geringfügiger Veranlassung, z. B. bei erregtem Luftzuge, oder unmittelbar vor einer Defäcation einige Schritte machen und, vermuthlich durch Hautkitzel veranlasst, öfter ihre Federn schütteln, den Kopf etwas in die Höhe heben u. s. w.

Wir sehen also die Sinnesthätigkeit, das Gefühl und die Bewegungen erhalten, was hat aber aufgehört? Was gibt dem Thier trotz der sehr gut und oft mit vieler Lebendigkeit ausgeführten Bewegungen jenes unauslöschliche Ansehen von Stupor, von Bewusstlosigkeit? Was hier fehlt, ist die Fähigkeit, die Bewegungen des ganzen Körpers je nach den Affectionen der centralen oder peripherischen höheren Sinnesorgane zu erregen oder zu reguliren. Es fehlt die reflectorische Thätigkeit zwischen den sensuellen und denjenigen motorischen Centren, welche nicht als Hülfsorgane der Sinne ihnen ganz unmittelbar associirt sind, es fehlen *durchaus alle* Reflexe, welche nicht aus *einer* Sinneserregung unmittelbar, sondern aus einer Associirung dieser Sinneserregung mit einer centralen anderen hervorgehen. Alles Uebrige ist vollständig erhalten. Erläutern wir dies durch bekannte Beispiele.

Oeffnet man einem gesunden Meerschweinchen vorsichtig den Mund und bringt man ihm einen Tropfen sehr concentrirter Coloquintenlösung auf den Rücken der Hinterzunge, so wird das Thier sogleich Zunge und Kiefer bewegen, es wird speicheln und sich loszumachen suchen, selbst dann, wenn wir ihm jetzt nur seinen Kopf halten und den Unterkiefer frei lassen. Wollen wir ihm den Mund zum zweiten oder dritten Male öffnen, so setzt es uns grossen Widerstand entgegen, wehrt sich und entflieht, wenn es kann. Stärker ausgesprochen sind diese Effecte noch bei Katzen; haben wir aber das Thier enthirnt, und machen wir denselben Versuch, so werden die Zungen- und Kieferbewegungen, die Speichelabsonderung als unmittelbare Reflexe in den Hülfsorganen des erregten Sinnesapparates nicht ausbleiben, aber es sucht (wenn wir den Kopf ohne stark zu drücken festhalten) den Kopf nicht aus unseren Händen zu befreien, es sucht nicht zu fliehen, es wird der wiederholten Eröffnung seines Mundes keinen grösseren Widerstand entgegen setzen, als das erste Mal, denn alle diese zuletzt genannten Bewegungen sind combinirtere Reflexionen, angeregt durch die Beziehung der Geschmacksempfindung auf die peripherische Gesichts- und Hautempfindung des festgehaltenen Kopfes, welche vereint erst die Sensationen der Flucht und Abwehrbewegungen so lebhaft erzeugen müssen, dass sie erst secundär wieder auch die wirklichen Bewegungen der Körpermuskeln hervorrufen.

Die Thiere machen, wie wir gesehen, bei starken Lichteindrücken Bewegungen in den Hülfsorganen des Sehapparates, also sie sehen, und es wäre nicht gerechtfertigt, anzunehmen, dass sie schwächere Gesichtseindrücke nicht empfinden sollten. Trotzdem aber stossen sie, wenn sie zum Gehen erregt werden, wie blinde Thiere gegen jedes Hinderniss an, ja noch unbeholfener als blinde, wissen sie auch nach dem heftigen Anstossen nicht auszuweichen, weil die aufs Centrum verpflanzten Eindrücke, welche die Vorstellung einer Bewegung des eigenen Körpers bilden (Raumsinn) sich nicht mehr so mit den centralen Gesichtseindrücken in Folge der Bewegung, die Vorstellung der *Richtung* der Bewegung enthaltend, verbinden können, dass sie vereint die wirkliche Bewegung selbst reflectorisch verändern könnten. Jede sogenannte willkührliche Thätigkeit ist ein Reflex, der, unter verschiedenen hier nicht näher zu erörternden Verhältnissen, hervorgeht aus der primären Vereinigung der Bilder des wirklichen (aus den peripherischen Sinnesorganen aufgenommenen) Zustandes des eigenen Körpers und eines anderen möglichen Zustandes desselben. Dem enthirnten Thier fehlt das Organ zu dieser Vereinigung und zu ihrer Uebertragung auf die Bewegungscentra, es „will" also nicht mehr. Alle seine Bewegungen sind nicht mehr secundär durch Reflexe in den centralen Sinnesorganen *vermittelte* Erfolge äusserer Erregungen,

Erfolge, welche sogar manche Schriftsteller, die den Namen der „Spiritualisten" gerne von sich ablehnen, als „*spontane*" und durch einen sogenannten „*Willen*" hervorgerufene betrachten, sondern diese Bewegungen sind alle unmittelbare „spinale" Reflexe in Folge der relativ oder absolut äusseren Reize.

Das Thier mag Hunger empfinden, es mag auch die Nahrung sehen, die vor ihm steht, ja es mag sie in manchen Fällen riechen, aber es frisst nicht und kann, ohne tantalische Qual zu erdulden, vor dem gefüllten Trog ruhig stehen bleiben, bis es Hungers stirbt; weil das Bild der Nahrung und die Empfindung ihres Bedürfnisses sich nicht mehr vereinigen, um gemeinsam die Reflexbewegung des Fressens hervorzurufen. Bringt man ihm jetzt ein Gerstenkorn zwischen die Schnabelspitze, so wird dasselbe sogleich wieder herausfallen, wenn man den Schnabel nicht schliesst; thut man das letztere, so bleibt das Korn ruhig gefasst, bis bei nächster Gelegenheit der Schnabel wieder geöffnet wird und es zu Boden fällt. Verschluckt wird die Nahrung erst, wenn sie in den hintersten Theil des Mundes an die Stellen gebracht wird, die auch im gesunden Zustande ganz automatisch Schluckbewegungen anregen. So befriedigen diese Thiere ihre Bedürfnisse aus blossem Zwang, ohne Lust, ohne Begier. Hirnlos wie sie sind, sind sie wahre Ascetiker.

Da alle Sinneseindrücke beim normalen Thier eigentlich nur secundär einen Einfluss auf die Körperthätigkeiten äussern, nachdem sie sich mit anderen subjectiven Erregungen der Sinnescentra primär zu sogenannten Vorstellungen verbunden haben, und diese Vorstellungen in Folge von sensueller Erregung und hiermit die wesentlichste Aeusserung derselben bei Thieren ohne Hirnlappen fehlt, so konnte dies *Flourens* nicht ganz mit Recht so ausdrücken, dass dieselben *blind* und *taub* werden, dass sie die *Perception* aller Sinneseindrücke verloren haben, während *Longet* in den Gehirnlappen die Organe der „Intelligenz" sieht, zu denen die Sinneseindrücke gelangen müssen, um „weiterausgearbeitet und nach ihrer wahren Bedeutung gewürdigt" zu werden. Ich glaube, dass ich, ohne mich von der Ansicht *Longet's* zu entfernen, für dieselbe eine concretere Gestaltung gefunden habe.

Die Gehirnlappen sind mit grösster Wahrscheinlichkeit die Reflexorgane, in welchen die unendlich mannichfaltigen Beziehungen eines jeden Sinnesorganes mit seinen eigenen verschiedenen Erregungsarten und mit den anderen Sinnesorganen zu Stande kommen, sicher enthalten sie einen wesentlichen Theil der Bahnen, durch welche die Combinationen der centralen Sinneserregungen auf die Bewegungscentra einwirken.

Es wäre nämlich noch immer denkbar, obwohl es aus mehreren Gründen kaum anzunehmen ist, dass auch nach Entfernung der Gehirnlappen die wechselseitige Beziehung der Sinnesorgane noch fortbestünde, aber das Product der letzteren nur verhindert wäre, sich auf das Mittelhirn fortzupflanzen. In tiefem Schlafe, bei manchen Betäubungen sehen wir ja eine in subjectiven Phantasien sich aussprechende Fortdauer dieser Beziehungen bei gehemmter Uebertragung derselben auf die motorischen Organe.

Die Analogie, welche zwischen den Gehirnlappen und der grauen Substanz des Rückenmarkes als reflectirenden Organen besteht, spricht sich noch weiter aus bei den

Partiellen Verletzungen der Hirnlappen. Auch hier hat *Flourens* den experimentellen, *Longet* den pathologischen Theil am besten studirt.

Eigentlich sind fast der grösste Theil der bekannt gewordenen Versuche über die Exstirpation der Hirnlappen nur *partielle* Verletzungen derselben. Da man gewöhnlich den vordersten und untersten Theil, namentlich bei Säugethie-

ren, bestehen liess. Das ist aber auf den *Haupt*erfolg ohne Einfluss gewesen, obschon der Nachtheil dieses Verfahrens sich manchmal dadurch verrieth, dass nicht alle sogenannte „Spontaneität" weggefallen war. Eine nähere Begründung dieses Ausspruches würde für ein Lehrbuch zu weit führen, ergibt sich aber theilweise aus dem Folgenden:

Trägt man die Hirnlappen schichtenweise von *oben* herab, so kann man bis zu einer bedeutenden Tiefe herabsteigen, einen bedeutenden Substanzverlust bewirken, ohne dass ein vollständiges Aufhören irgend einer der ihnen zugeschriebenen Thätigkeiten zu ermitteln wäre. Die Beziehungen der Sinnesaffectionen zu den Bewegungen werden allmählich mit dem wachsenden Substanzverlust immer *stumpfer*, weniger *merklich*, aber diese Abschwächung erfolgt gleichmässig für alle Sinnescentra, nicht für eines früher als für das andere, bis endlich beim Abtragen einer bestimmten Schicht in einer gewissen noch nicht genauer ermittelten Tiefe alle Functionen der Hirnlappen *zugleich* und wie mit einem Schlage aufhören. (Vergl. *Flourens* l. c. 2. Ausg. 1842, pag. 98.)

„Die Fähigkeit, *einen* Gegenstand wahrzunehmen, zu beurtheilen oder zu wollen," sagt *Flourens*, „inhärirt also derselben Stelle des Gehirns wie diejenige der Wahrnehmung, der Beurtheilung oder des Verlangens eines *anderen* Gegenstandes." „In demselben Momente, wo das Gesicht verloren geht, (bei der Abtragung) ist auch das Gehör, sind auch alle geistigen Fähigkeiten dahin." Ganz analog zeigte es sich schon bei meinen ersten Untersuchungen über die graue Substanz des Rückenmarkes, dass bei Abtragungen bis zu einer gewissen Tiefe das Gefühl im *ganzen* Hinterkörper stumpfer d. h. verlangsamt wird, aber an *einem und demselben* Punkte hört es für den ganzen Hinterkörper gleichzeitig auf.

Ist eine Verletzung der Hirnhemisphären so tief, dass alle ihre Attribute verschwunden scheinen, so sind sie darum noch nicht immer wirklich unwiderbringlich verloren. Es ist nur der starke Eingriff, der augenblickliche Lähmung herbeiführt, während nach einigen Tagen (oder Stunden) Ruhe, trotz des fortbestehenden Substanzverlustes, die noch vorhandenen Leitungsbahnen wieder in erneute regere Thätigkeit treten. Dies hat *Flourens* mehrmals gesehen, und, setzt er hinzu, in demselben Momente, wo der eine „Sinn" wieder erscheint, sind auch gleichzeitig alle anderen „Sinne" wieder da. Der „Einheit des Sensoriums", glaubt er, lässt sich hier nichts abdingen.

Ganz Analoges zeigt die graue Substanz des Rückenmarks mit dem Unterschied, dass ich bei scharfer Beobachtung hier allerdings in der ersten Zeit der Rückkehr der Function bemerken konnte, dass einzelne Stellen *etwas* früher empfindlich und beweglich wurden als andere.

Wenn vollkommene Querschnitte nur bis zu einer gewissen Tiefe ohne (augenblickliche) Störung der Function ertragen werden, so können auf einen engeren Kreis beschränkte Substanzverluste noch viel tiefer nach innen gehen, ohne die Function zu hemmen.

Dies zeigen einzelne physiologische Versuche, vorzüglich aber erhellt dieser Satz aus der menschlichen Pathologie. Es beruht auf einer ganz einseitigen und absolut irrigen Verwerthung der pathologischen Thatsachen, wenn vorgegeben wird, die Pathologie lehre, dass von einem sehr beschränkten Punkte im Inneren oder an der Peripherie der Hemisphären aus Anästhesie, Paralyse einzelner Körpertheile und Besinnungslosigkeit entstehen könne. Gerade das Gegentheil geht aus der genauen Kritik der pathologischen Casuistik hervor.

Querschnitte, die den Verlauf der Fasern bis zu einer gewissen Tiefe rechtwinklig theilen, wirken natürlich nachtheiliger als *Längsschnitte*; wie dies auch bei der grauen Substanz des Rückenmarkes auffallend ist.

Eine wichtige Frage, welche auf verschiedene Weise beantwortet wurde, ist die nach dem Einfluss der

Exstirpation eines ganzen Hirnlappens. Man hatte theoretisch nach dieser Operation eine bedeutende Schwächung auf der gegenüber liegenden Körperhälfte, vielleicht Anästhesie derselben, oder noch andere Störungen erwartet. Als es sich nun gezeigt hatte, dass Vögel die Entfernung eines Hirnlappens ohne *alle* bemerkliche Schwäche, weder auf der entsprechenden noch auf der anderen Seite, ertragen, vermuthete man, dass vielleicht Säugethiere in dieser Beziehung eher sich den Verhältnissen anschliessen würden, die man, freilich mit Unrecht, durch die Pathologie für den Menschen erwiesen glaubte. Die Ergebnisse aber, welche die verschiedenen Experimente an Säugethieren lieferten, entsprechen dieser Erwartung nicht. Allerdings hat *Flourens* in einigen seiner Versuche selbst bei Vögeln eine anfangs vorhandene, aber jedenfalls *vorübergehende* Schwächung der Extremitäten der anderen Körperhälfte zu bemerken *geglaubt.* Es scheint aber, dass selbst dieser *sehr bald verschwindende* Anschein von Schwächung nur durch zufällige mechanische Insulte anderer Hirntheile veranlasst war, die auch bei einigen Säugethieren, z. B. Hunden, bei Aufhebung des den Hirnschenkel umfassenden Mittellappens sehr leicht vorkommen können. Denn wenn man sehr vorsichtig operirt, zeigen sich Kaninchen, Hunde, Katzen, Meerschweinchen von der Exstirpation eines einzigen Hirnlappens fast gar nicht angegriffen und sobald die Blutung steht, benehmen sie sich *ganz* wie Thiere, welche ohne diese Operation eine starke Blutung ausgehalten haben.

Den Ergebnissen der Versuche zum Trotz behauptet ein neuerer Schriftsteller in der ersten Ausgabe seiner „Physiologie" (die so eben erscheinende zweite habe ich nicht vergleichen können), dass die Säugethiere um so mehr von der Exstirpation der Hirnlappen litten, je höher sie geistig entwickelt seien und Hunde fielen schon gelähmt zu Boden! Es ist dies sicher ein Irrthum und wenn sich der Verfasser, der selbst nicht Experimentator ist, vielleicht auf einige Aussprüche von *Serres, Hertwig* und *Budge* stützt, so hat er die Sache nicht richtig aufgefasst. Der Einfluss der Hirnlappen ist bei allen Thieren vom Frosch bis zum Menschen wesentlich der gleiche. Ihre Exstirpation hebt nur diejenigen Körperbewegungen auf, welche Erregungen der höheren Sinne entspringen. Was übrig bleibt sind Bewegungen in Folge unmittelbarer Erregungen des Gemeingefühls, diese sind zwar überall vollständig coordinirt, weil das Mittelhirn noch vorhanden ist, aber ihre Energie bei verschiedenen Thieren ist natürlich allein abhängig von der Reflexfähigkeit des zurückgebliebenen Theiles der Nervencentra. Sie werden daher bei Säugethieren im Allgemeinen weniger energisch sein als bei Vögeln und Amphibien, aber nichts berechtigt uns, bei den Säugethieren selbst wieder eine Stufenleiter anzunehmen. Ich fand die Bewegungen bei jüngeren Katzen und Hunden viel energischer als bei alten Meerschweinchen, die sicher auf einer tieferen geistigen Stufe stehen.

Ich habe die Säugethiere und besonders Kaninchen und Meerschweinchen, denen ich nur einen Hirnlappen entfernt, nicht allein im Zustand der Ruhe, sondern auch *während ihrer Bewegungen* genau beobachtet, um zu erfahren, ob sich vielleicht ein Uebergewicht einer Körperhälfte geltend mache, aber wenn der Versuch gut gelungen war, sah ich weder den Körper nach einer Seite geneigt, noch konnte ich irgend eine Abweichung von der geraden Richtung der Bewegung nach der einen oder der anderen Seite hin bemerken. Zwar wurde in *einzelnen* Beobachtungen eine solche Abweichung hervorgebracht, indem sie, wenn sie *längere* Strecken durchliefen, sich *allmählich* mehr nach der Seite der Verletzung hin wendeten, aber in *diesen* Beobachtungen war immer starker Bluterguss auf der Schädelbasis. Auch konnte ich nicht bestätigen, dass ein Auge weniger gut sah als das andere.

Aus den Beobachtungen der Pathologen ergibt sich mit Bestimmtheit, dass auch *Menschen*, bei denen die eine Hälfte des Gehirns atrophisch ist, in ihren geistigen Verrichtungen und Aeusserungen ganz ungestört bleiben können. Bedenkt man aber, dass eine tiefe Alteration *beider* Hemisphären immer die Aeusserungen des sogenannten geistigen Lebens bedeutend herabsetzt, ja sogar, wenn die Veränderung einen hohen Grad erreicht hat, aufheben kann, so wird man auch hier dem Schluss nicht entgehen können, dass eine Hirnhälfte in Hinsicht auf die erwähnten Aeusserungen genügen kann, um die normale Thätigkeit beider zu übernehmen.

Hingegen gestatten die Beobachtungen an Menschen keinen genügenden Schluss in Hinsicht auf die willkührlichen Bewegungen, man hat hier zwar eine Körperhälfte ganz oder nahezu hemiphlegisch gefunden, aber dies beweist nichts, weil hier immer noch ausser den Hirnlappen auch die Hälfte des Mittelhirns und sogar des verlängerten Markes atrophisch war, so dass, wenn auch vom Hirn die normalen Bewegungsimpulse auf beide Körperhälften ausgegangen sind, diese doch nur auf die eine Seite einwirken konnten. Bei einem Kinde, das acht Monate lebte, das immer den grossen Kopf auf die eine Seite fallen liess, und bei dem sich eine Reihe von anderweitig zu besprechenden pathologischen Symptomen eingestellt hatte, das öfters an Convulsionen litt, bei dem aber sonst kein Unterschied in der anscheinend normalen Bewegung der Glieder der rechten und der linken Seite wahrzunehmen gewesen, fand ich die rechten Hirnlappen vorhanden und ziemlich voluminös, die Seitenventrikel weit. Auf der linken Seite war der Hirnlappen und der gestreifte Körper nicht vorhanden und durch eine grosse Wasserblase ersetzt, der Balken fehlte und das linke Hirn begann mit dem Sehhügel, der etwas kleiner war, als der der anderen Seite. Der Riechnerv dieser Seite war ein zellgewebiger Strang.

So finden sich denn, wie es scheint, in jedem der beiden Hirnlappen Bahnen, welche die reflectorischen Beziehungen der centralen Sinnesorgane beider Seiten sowohl unter sich, als auch, nach den Versuchen an Thieren zu schliessen, mit den cerebralen Bewegungsapparaten beider Seiten vermitteln. Es ist hier eine neue Analogie mit der grauen Rückenmarksubstanz, von der, wie wir wissen, ebenfalls eine Hälfte unbeschadet der Bewegung oder der Empfindung beider Körperseiten durchschnitten werden kann.

Wie sich die graue Substanz des Rückenmarkes leichter durch Erregungen erschöpfbar zeigt, wo sie auf Umwegen zu leiten genöthigt ist, so deuten einige Beobachtungen für die Hirnlappen nach grossem Substanzverluste etwas Aehnliches an.

Ferrus erzählt, dass General B. nachdem er in Folge einer Verwundung einen grossen Theil des linken Scheitelbeines verloren, eine beträchtliche Atrophie der entsprechenden Hirnhemisphäre zeigte, die sich äusserlich durch einen enormen Eindruck des Schädels verrieth. Der General hat ganz die Lebhaftigkeit seines Geistes, die Richtigkeit seines Urtheils bewahrt, aber er kann sich nicht auch nur für kürzere Zeit geistigen Arbeiten überlassen, ohne sehr bald ermüdet zu sein. (*Longet* I pag. 670). *Longet* fügt hinzu, dass er selbst einen Militär gekannt, der sich ganz in demselben Falle befand.

Eine besondere Wichtigkeit hat man dem *Balken* zugeschrieben, der die beiden Hirnlappen verbindet. Weder Versuche noch pathologische Beobachtung geben uns einen Fingerzeig über seine Function.

Eine besondere Kritik der Phrenologie kann hier nicht gegeben werden. Wir verweisen auf die treffliche Behandlung dieses Gegenstandes in *Hyrtl's* topographischer Anatomie.

Die Streifenhügel erfordern eine besondere Betrachtung, nicht weil sie irgend bekannte besondere Eigenschaften besitzen, sondern weil man mit gewissem Anschein von Recht ihnen dergleichen zugeschrieben.

Für uns sind die Streifenhügel kein von den Hirnlappen physiologisch zu unterscheidendes Gebilde. Sie umfassen nur die Wurzeln der Hirnlappenfaserung und ihre Entfernung ist daher identisch mit der gründlichsten Vernichtung der Thätigkeit der Lappen.

Magendie legte bei Kaninchen die Streifenhügel bloss, die Thiere blieben ruhig, er entfernte diese Hügel und augenblicklich schossen die Thiere gerade vorwärts, waren, wie es den Anschein hatte, von einem unwiderstehlichen Trieb ergriffen, nach vorn zu laufen. *Magendie* baute auf diese oft wiederholten Beobachtungen eine Theorie über den von diesen Körpern vermittelten „Trieb," deren Darstellung man uns erlassen wird.

Einzelne spätere Forscher haben *Magendie's* Beobachtung bestätigt oder zum Theil Zweifel geäussert, ob er nicht einfache Fluchtbewegungen der Thiere vor sich gehabt habe, die vielleicht beim erschreckten und durch die Operation plötzlich erblindeten Thiere eine andere energischere Gestalt angenommen.

Noch andere ausgezeichnete Experimentatoren haben der Sache geradezu widersprochen und angegeben, die Entfernung der Streifenhügel versetze die Thiere nicht nur nicht in Bewegung, sondern in einen tiefen Stupor mit grosser Prostration.

Führen wir zuerst die Thatsachen vor, wie sie sich mir in einer grossen Anzahl von Versuchen gezeigt haben.

Trägt man einem Kaninchen die Hirnlappen ab, so dass die Streifenhügel bloss liegen, und entfernt man jetzt diese höchst vorsichtig, so dass kein sensibler Nervenast dabei berührt und durchaus kein Schmerz erzeugt wird, so bleibt das Thier — ruhig sitzen, wie wenn ihm gar nichts geschehen wäre. Man mag lange zuwarten, es zeigt sich kein „Trieb" vorwärts zu laufen. Im Gegentheil — und dies ist eines der ausgesprochendsten Resultate der Operation — ist es sehr merkwürdig, wie ganz passiv sich jetzt das Thier verhält.

Es sitzt ganz auf normale Weise vor uns, zum Beweise, dass es sich recht gut im Gleichgewichte zu erhalten vermag, aber ziehen wir jetzt *leise* und vorsichtig an einem Hinterfuss und strecken ihn aus, das Thier lässt ihn liegen, zieht ihn nicht wieder an. Wir strecken ebenso den anderen Hinterfuss, so dass jetzt der Bauch auf dem Boden aufliegt und beide Hinterfüsse gerade nach hinten ragen. Das Thier verharrt so, ohne Bewegung, wie wenn es ganz gelähmt wäre. Wir ziehen die beiden Vorderfüsse auf die Seite, die Brust sinkt herab, die Füsse bleiben liegen, wie wir sie gestreckt haben, gleichviel, ob ihre Stellung für beide Seiten symmetrisch ist oder nicht. Wir beugen nun die Hinterfüsse wieder, lehnen die Ferse wider das Becken, stellen den Fuss gerade nach unten und stützen so den Hinterleib auf die Zehen oder gar auf die Rückenfläche derselben. Ein Thier mit blos gelähmten Hinterfüssen würde jetzt schnell umsinken, unser Kaninchen aber verharrt unbeweglich in der unnatürlichen Stellung, die wir ihm gegeben. Genug, alle Gelenke sind biegsam, alle behalten die sonderbarsten Stellungen, insofern sie sich nicht allzusehr mit den Gesetzen des Gleichgewichts bei unbewegtem Körper im Widerspruch befinden. Wäre dieser letztere Umstand nicht, wir würden sagen, das Thier sei *kataleptisch* geworden. Dass die Bewegungsfähigkeit aber hier nicht im Geringsten aufgehoben ist, wie es stets vor dem Unkundigen den Anschein hat, zeigt sich, so bald wir das Thier an irgend einer Körperstelle etwas *stärker* drücken.

Dann erhebt es sich plötzlich, streckt Kopf und Ohren in die Höhe und beginnt langsam, aber ganz regelmässig vorwärts zu springen. Man

erwartet jetzt nur einige wenige schwache Bewegungen des scheinbar erschöpften Thieres. Aber dem ist nicht so, mit jedem Sprunge scheint seine Kraft zu wachsen, die Bewegungen werden rascher, immer rascher, das Thier stürzt sich, wenn man ihm nur Raum genug gelassen, mit wahrer Hast vorwärts, es hält nicht mehr ein, bis es endlich wider ein Hinderniss stösst oder kräftig an der gegenüberliegenden Wand des Zimmers anprallt. Hier bleibt es plötzlich ganz ruhig stehen, es setzt sich nicht, es zieht die Beine nicht an, sondern unbeweglich verharrt es ganz in derselben Stellung, in der das Hinderniss seinen Lauf gehemmt, mit ausgestreckten oder halb erhobenen Hinterbeinen, die Nase an die Wand gedrückt. Ist die Stellung zu unsicher, so sinkt es jetzt ohne alle selbstständige Bewegung langsam zu Boden, ist es gehörig unterstützt, so kann es, wie ich gesehen, länger als eine halbe Stunde so bleiben, ist aber auch sogleich bereit, wieder von Neuem einen ähnlichen Lauf zu beginnen, wenn man es umdreht und wieder einen Theil seines Körpers reizt. In der Ruhe erhält sich immer die vorher beschriebene passive Biegsamkeit, stösst man es fort oder reizt man es, so dass es in Bewegung geräth, so wird diese zunehmend heftiger, aber in dieser Heftigkeit spricht sich kein Trieb aus, wie eine gestossene Kugel kann es mitten im kräftigsten Sprunge angehalten werden, so wie man ihm den Arm entgegenhält. Nie sucht es ein Hinderniss zu überwinden, nie sucht es auszuweichen, und alle Lebendigkeit weicht wie mit einem Zauberschlage der vorher beschriebenen Passivität, so bald man es nur einmal in noch so kurze momentane Ruhe versetzt hat, wenn man auch dann den Arm sogleich wieder wegzieht. Manchmal sieht man allerdings nach lange angehaltener Ruhe auch scheinbar von selbst solche den oben beschriebenen in ihrer Form ganz ähnliche Bewegungen beginnen, aber diese sind selten und gewiss ebenfalls nur Reflexe in Folge innerer Reize.

Es ist erstaunlich, wie grosse Strecken das so eben erst ganz unbeweglich scheinende Thier mit stets wachsender Schnelligkeit durchlaufen kann, wenn ihm kein Hinderniss entgegentritt. Ist es einmal recht in Thätigkeit, dann läuft es so schnell, dass es kein Mensch mehr einholt.

Magendie hatte also sicher bei seinen Versuchen das Thier auf irgend eine Weise *sogleich* sensibel gereizt. Hingegen ist es kaum anzunehmen, dass seine Gegner die Thiere immer so ausserordentlich geschont hätten, dass sie stets ruhig geblieben wären, wenn sie dieselben nicht bei der Blosslegung allzusehr geschwächt hätten.

Es ist unbegreiflich, wie man die eben beschriebenen auffallenden und characteristischen Erscheinungen mit Fluchtbewegungen verwechseln konnte. Man kneipe einem Kaninchen den so äusserst empfindlichen Schwanz und es wird zuerst zwei bis drei grosse Sprünge machen, dann ein paar kleinere und wird bald stehen bleiben. Es flieht nie so sehr lange. Hier von dem Allen das Gegentheil, die Sprünge werden immer grösser, immer ungezügelter, hören nicht von selbst auf und sind doch so leicht zu unterbrechen.

Ist es, wie *Laffargue* vermuthet hat, der Schreck, verbunden mit der plötzlichen Erblindung, die der Flucht einen eigenthümlichen Charakter aufdrückt? Auch dieses nicht. Denn einerseits habe ich diese Erscheinungen noch mehrere Stunden nach der Operation unverändert beobachtet, andererseits kann man einem Kaninchen die Augenflüssigkeiten entleeren und seine darauf irgendwie angeregten Fluchtbewegungen gerade durch die Blindheit viel langsamer und vorsichtiger werden sehen. Entfernt man ihm aber mehrere Stunden später, nachdem es sich einigermaassen an die Blindheit gewöhnt hat, die beiden corpora striata, *sogleich* treten alle die beschriebenen Erscheinungen ein.

Haben wir nun hier eine *eigenthümliche* Wirkung der Entfernung der gestreiften Körper? Durchaus nicht. Denn wenn auch die Ausrottung

der anderen mehr nach hinten gelegenen Hirntheile diese sonderbaren Erscheinungen auf keine Weise hervorzubringen vermag, so ist die Herausnahme der gestreiften Körper zu ihrer Erzeugung nicht unerlässlich. Man kann nämlich, ohne den Zusammenhang dieser Körper mit den Bewegungscentren aufzuheben, blos alle Fasern durchschneiden, welche aus dem vorderen und äusseren Rande der ersteren heraustreten, um in die Hirnlappen weiter strahlend sich fortzusetzen, und man hat, wie ich gefunden habe, ganz genau denselben Erfolg. Die gestreiften Körper zeigen sich also physiologisch bis jetzt nur als die Anfänge der Hirnlappen.

Einige Pathologen wollen nach dem Vorgang von *Saucerotte* den gestreiften Körpern als solchen eine besondere Beziehung zu den Hinterextremitäten vindiciren. Ihre Zerstörung soll die Hinterfüsse lähmen! Man sieht, dass diese Ansicht nicht haltbar ist und auch die menschliche Pathologie hat sie genügend widerlegt. Die Corpora striata sind vielmehr ohne allen directen Einfluss auf die Bewegung.

Ausrottung nur *eines* gestreiften Körpers schien mir immer ganz *ohne alle Wirkung* und *Magendie* glaubt wohl nur seiner Theorie zu Liebe, dass diese Operation die Thiere unruhig mache.

Bei der Erklärung der hier beschriebenen Erscheinungen ist zunächst hervorzuheben, dass die vollkommen *passive Biegsamkeit* aller Glieder, die Beibehaltung *jeder* dem Thiere ertheilten nicht schmerzhaften Lage allen Säugethieren und allen Reptilien nach *völliger* Entziehung der Thätigkeit der Hirnlappen gemeinsam zukommt. Auch Frösche bilden hier keine Ausnahme, wenn man den Versuch schonend genug anzustellen weiss. Die „willkührliche" Veränderung einer zwar ungewöhnlichen, unbequemen, aber nicht durch Schmerz Reflexbewegung hervor rufenden Gliederstellung, setzt voraus, dass das Thier ein objectives Bild seiner augenblicklichen Lage mit dem subjectiven der normalen zu einer gemeinsamen Anregung verbinden könne und dies ist, wie wir gesehen, nach gründlicher Entfernung der Gehirnlappen nicht mehr möglich.

Wie das Thier aber den Zustand der Ruhe unter so auffallenden Bedingungen beibehält, so wird es auch den Zustand der ihm ertheilten Bewegung nicht mehr selbständig verlassen können, bis entweder die Kraft oder alle Erregung völlig geschwunden ist. Kraft und Erregung werden aber bei den verschiedenen Thieren um so nachhaltiger sein, je einfacher sich bei ihnen die Lokomotionsthätigkeit überhaupt gestaltet. Die einfachste, am leichtesten durch eine und dieselbe Anregung längere Zeit fortzusetzende Bewegung besitzen nun die springenden Nagethiere, wie die Kaninchen, Hasen, und noch mehr die Springmäuse, bei denen eigentlich nur gleichzeitige stossende Streckbewegungen der Hinterfüsse das gerade Laufen bedingen, während die Vorderfüsse höchstens gerade ausgestreckt den Körper balanciren, ohne irgend weiter activ am Bewegungsact mit Theil zu nehmen. Erregen wir ein gesundes Kaninchen, so wird der auf den Pons Varolii verpflanzte Antrieb, sei er Schmerz, Angst vor Verfolgung, oder was sonst, eine Reihe von Stossbewegungen der Hinterextremitäten, also eine Anzahl Sprünge bedingen. Aber diese Zahl ist eine beschränkte, weil mit der Erregung noch andere Sinnesvorstellungen concurriren, die bald als Erwecker der Antagonisten die Bewegung mässigen. Flieht das Thier, so macht es in der Regel nur wenige Schritte, weil mit der Bewegung zugleich die Vorstellung der durchlaufenen Entfernung entstehen muss, die im Verhältniss ihrer Zunahme die Bewegung beschränkt. Wird das gesunde Thier vorwärts gestossen, so erregt das Bewusstsein der eingeleiteten Bewegung zugleich die Vorstellung der Ruhe. In dem Maasse aber, als der Einfluss

der Sinnescentra auf die Bewegungscentra aufhört, fehlt dem Thiere mit dem Bilde der Bewegung seines „Ich“ auch der Moderator derselben. Es fehlen ihm alle Ursachen, welche allmählich andere Muskelgruppen der einmal reflectorisch zu stossweiser Thätigkeit erregten entgegensetzen. Jede Ortsbewegung wird also hier, wo sie ihrer Einfachheit wegen nicht einer stets erneuten Erregung vom Hirn aus bedarf, so lange in gleichmässiger Richtung fortgesetzt werden, bis sie auf irgend eine Weise mechanisch aufgehalten wird, oder vielleicht, (was ich experimentell nicht ermitteln konnte) bis jede leise Spur des ursprünglichen Antriebes sich erschöpft hat. Wie eine gestossene Kugel läuft das Thier rascher und rascher, aber stets gerade aus, bis ihm ein Hinderniss Ruhe gebietet, die dann mit derselben Unveränderlichkeit beibehalten wird. So würde auch wahrscheinlich ein Soldat, der, wie es öfter vorgekommen ist, auf dem Marsche schlafend weiter geht, unbeweglich stehen bleiben, wenn er ohne zu erwachen und ohne umzufallen, nur für einen kurzen Moment aufgehalten werden könnte.

Aus je mannichfaltigeren Elementen sich aber bei den verschiedenen Thieren die Locomotion zusammensetzt, je mehr dieselben also zu ihrer dauernden Verknüpfung einer stets erneuerten Anregung vom Hirn aus bedürfen, um so weniger wird bei solchen Thieren der beschriebene Erfolg der Ausschneidung der gestreiften Körper hervortreten.

Hierzu kommt nun ein anderer nicht zu vernachlässigender Umstand. Die Bewegungen der Thiere werden nach Ausschneidung der gestreiften Körper im Allgemeinen um so lebhafter sein, je mehr bei ihnen die hinteren Extremitäten überhaupt die vorderen überwiegen, weil bei der Operation unmittelbar vor den Sehhügeln, die letzteren, die das Centrum für viele Bewegungen der Brustglieder bilden, immer etwas geschwächt werden müssen.

Zum Schlusse bemerke ich, dass die hier geschilderten Erscheinungen nicht etwa blos an einzelnen besonders glücklich operirten oder kräftigen Thierindividuen beobachtet wurden, wie man dies hie und da gegenüber den Widersprüchen in der Literatur vermuthet hat, sondern dass *alle* meine Versuche an Kaninchen, ohne auch nur eine einzige Ausnahme, vollkommen das gleiche Resultat lieferten.

Die Frage, ob in den Hirnlappen und den Streifenhügeln motorische oder sensible Elemente enthalten seien, wird uns später beschäftigen.

B. Mittelhirn und Kleinhirn.

1) *Sehhügel und Hirnschenkel.* Hält man einem Säugethiere den Kopf fest und trennt den Sehhügel oder den Hirnschenkel ohne Eröffnung der Schädelhöhle, indem man von aussen an geeigneter Stelle ein kleines Instrument durch den Schädel bringt, den Hirnlappen einer Seite nur durchbohrt und es dann so weit nach der Mittellinie vorschiebt, dass es beim Niederdrücken während des Herausziehens ohne irgend in Betracht kommende Blutung die beabsichtigte Trennung vollführt, so treten Veränderungen in den Bewegungen ein, die man bisher mit Unrecht als „*Zwangsbewegungen*“ zu bezeichnen gewohnt war. Es beruhte dieser Name auf der Beschreibung von *Magendie* und mehrerer seiner Nachfolger, welche die betreffenden auffallenden Bewegungsformen schon gesehen, aber auf ungeeignete Weise so dargestellt hatten, als sei das Thier wie von einem inneren Antrieb beständig gesporut, sich anhaltend in einer und derselben Richtung unaufhörlich zu drehen. Schon vor längerer Zeit habe ich gefunden, dass ein solcher „Antrieb“ gar nicht besteht, dass auch nicht, wie Andere vorausgesetzt haben, irgend eine Hemiplegie vorhanden ist, die das Thier beständig zwingt, sein verlore-

nes Gleichgewicht zu suchen; dass sich vielmehr die Thiere gar nicht anhaltend bewegen, sondern dass sie nur *dann*, wenn sie durch Sinnesvorstellungen („Willen“) zu cerebraler Thätigkeit angeregt werden, derselben eine je nach der Verletzung verschiedene eigenthümliche Form ertheilen.

Sogleich nach der Verletzung des Sehhügels oder Hirnschenkels sind die Thiere munter und wenn sie vor der Operation auch gesättigt schienen, fingen sie doch gewöhnlich unmittelbar nach derselben sogleich mit Gier zu fressen an, und setzen dies, wenn sie Nahrung finden, (auch zum Theil solche Blätter, die sie früher verschmähten) einige Minuten lang fort. Später bemerkt man indessen keine durch die Operation direct erzeugte Veränderung des Appetits.

Ueberlässt man die Thiere sich selbst, so sieht man, dass sie, sobald sie sich bewegen wollen, einen grösseren Kreis beschreiben, mithin, wenn sie die Bewegung fortsetzen, immer verschiedene Male auf den Ausgangspunkt wieder zurückkommen. Ist die Verletzung nicht allzu nahe dem Pons Varolii, so befindet sich, wie ich schon in meinen ersten Arbeiten 1844 hervorgehoben, die Längenaxe des Thieres in der Peripherie jenes Kreises.

Nur wenn der Schnitt *vollständig* ist, wird diese Art der Bewegung *anhaltend* und man kann sie bei demselben Thiere bis in die zweite Woche hinein beobachten. Ist der Schnitt unvollständig und die Lähmung nur durch mechanische Ausbreitung des Eingriffs hervorgebracht, so wird der Kreis immer grösser und grösser und endlich geht das Thier wieder in gerader Linie.

Die Richtung, in der das Thier dreht, hat zu Controversen Anlass gegeben, indem *Longet*, der diese Kreisbewegung nach Durchschneidung der Hirnschenkel zuerst sah, behauptete, das Thier drehe sich nach der Seite der unverletzten Gehirnhälfte hin, was auch mit seiner Theorie einer unvollständigen Hemiplegie als Ursache der Drehung übereinstimmte. *Magendie* hatte hingegen nach ähnlichen Verletzungen nur Drehung nach der Seite des Schnittes wahrgenommen.

Meine Untersuchungen vermitteln diese Differenz. Vielfach hatte ich schon früher und später *Longet*'s Erfahrungen zu bestätigen Gelegenheit gehabt. Sie gelten aber nur, wenn der Schnitt in das Gebiet der Hirnschenkel oder des hinteren Dritttheils des Sehhügels fällt, während die Verletzung der vorderen Theile der Sehhügel Drehung nach der Seite des Schnittes bedingt.

Fragen wir jetzt nach der *Ursache* dieser sonderbaren Erscheinungen, so müssen wir zunächst die näheren Umstände derselben in's Auge fassen. Denken wir uns, der Schnitt sei durch den Hirnschenkel der linken Seite gegangen, so ist es zunächst ganz offenbar, dass keine Spur von einer Hemiplegie der rechten Körperhälfte vorhanden ist. Bindet man den linken Vorderfuss in die Höhe, so dauert die Bewegung und zwar mit Hülfe des *rechten* fast ganz unverändert fort.

Auffallend ist aber die Stellung des Kopfes und des Halses. Wenn das Thier ganz ruhig sich selbst überlassen da sitzt und keine Bewegung versucht, so ist in dieser Beziehung zwar kein Unterschied zwischen dem operirten und einem gesunden Kaninchen. Sobald aber seine Aufmerksamkeit irgend erregt wird, unter Verhältnissen, wo sonst Kaninchen den Kopf etwas heben, sehen wir hier den Kopf nach rechts sich wenden, und sobald das Thier grössere Anstrengungen macht, wendet sich der ganze Hals nach dieser Seite und der Kopf liegt der rechten Seite der Brust mehr oder weniger an. Die Halswirbelsäule biegt sich bei jeder Thätigkeit, während welcher sie fixirt werden sollte, in horizon-

taler Richtung nach rechts, um augenblicklich beim Nachlass dieser Thätigkeit wieder in ihre normale Stellung zurückzukehren. Man sieht eine solche Bewegung und die Rückkehr oft mehrere Male rasch mit einander abwechseln, während der Körper sonst ruhig bleibt. Nie aber sieht man, dass das Thier, wie es sonst hie und da geschieht, den Kopf *aus freiem Antrieb* nach links beugt. Selbst wenn man es mit der rechten Seite fest wider eine Wand hält, so reibt es bei Bewegungen die rechte Nasenhälfte an der Wand, um den Kopf dorthin umzudrehen, wendet sich aber nicht nach links.

Wenn das Thier ruhig gesessen hat und langsam sich zu erheben beginnt, so sieht man ferner, noch ehe es einen Schritt gemacht hat, dass es seinen Vordertheil nicht mehr *gerade* auf den Vorderfüssen in die Höhe richtet, sondern dass beide Vorderfüsse etwas nach der linken Seite, also der linke nach aussen, der rechte nach innen deviirt sind. Dies wird noch viel deutlicher und augenfälliger, wenn man das Thier (und am schönsten zeigt es sich bei hochbeinigen Hunden) an Kopf und Schwanz in die Höhe hebt, so dass die Füsse auf dem Boden nicht mehr aufstehen. Kaninchen bleiben dabei oft völlig passiv und die Füsse hängen ganz gerade herunter. So wie sie aber versuchen, sich zu bewegen, sieht man, wie beide Vorderfüsse schräg nach der Seite der Verletzung hin ausgestreckt werden, um, so bald die Thiere wieder ruhig sind, auf's Neue gerade herunter zu sinken. Der Vergleich mit einem eben so behandelten unverletzten Thiere macht hier den Unterschied am deutlichsten. Die Bewegung der Vorderfüsse nach vorn und hinten und die Bewegung anderer Theile erscheint durchaus nicht beeinträchtigt.

Wenn aber das Thier, wie wir vielfach gesehen und vorgezeigt haben, so oft es sich bewegen „will", d. h. also bei jeder von den Sinnescentren her reflectirten Bewegung seine *beiden* Vorderfüsse etwas nach links deviirt, so ist hierdurch schon allein die beschriebene Kreisbewegung nach rechts nothwendig geworden. Gesetzt, das Thier wolle gerade vorwärts laufen, so stützt es immer den Vorderkörper auf den Brustgliedern und dann verschiebt es denselben mit den Beckengliedern. Wirken nun auch *letztere* in gehöriger Richtung, so wird es durch die Deviation der *ersteren* bei jedem Schritte nach vorn zugleich einen schiefen Stoss nach rechts erhalten, der, weil er einseitig auf den Vorderkörper wirkt, der Axe des Thieres eine schiefe Richtung nach rechts gibt. Beim zweiten und bei jedem folgenden Schritt muss sich dasselbe wiederholen, immer weicht der Vordertheil der Axe etwas mehr nach rechts als der hintere und so muss das Thier nothwendig die Peripherie eines Kreises durchwandern; dieser Kreis ist natürlich um so grösser, je kräftigere Sprünge das Thier macht, d. h. je kleiner die jedesmalige Deviation des Vorderkörpers nach rechts im Verhältniss zu der von den Hinterfüssen ertheilten Propulsion nach vorn ist. Selbstverständlich wird die Kreisbewegung noch durch die Beugung des Kopfes und des Halses sehr unterstützt.

Die eben beschriebenen Deviationen sind nicht also etwa, wie man dies hie und da dargestellt hat, von mir aus der Form der Kreisbewegung nur *erschlossen*, es sind nicht *hypothetische Annahmen*, durch die man nach meinem Dafürhalten die sonderbaren Erscheinungen der Manègebewegung am besten erklären könnte, sondern sie sind direct *beobachtete und sehr leicht zu demonstrirende Thatsachen*, die sich auch dann nicht wegläugnen liessen, wenn sie zur Erklärung ungeeignet befunden würden.

Es ist keine Frage, dass vom rein mechanischen Standpunkte die Kreisbewegung durch die erwähnten Deviationen zunächst hervorge-

bracht werden kann und wird. Wohl aber könnte es vom spiritualistischen Standpunkte fast aller Physiologen, die einen abstracten „Willen“ als eine besondere vom Hirn aus wirkende Qualität anerkennen, zweifelhaft erscheinen, ob hierdurch auch eine *Erklärung* der Sache angebahnt wird. Der „Wille“ der Thiere könnte nach der fraglichen Verletzung in bestimmter Weise dann *anders* thätig sein, und man könnte so vermuthen, dass das Thier sich nicht dreht, *weil* seine Glieder sich deviiren, sondern dass es seine Glieder anders ausstreckt, weil es unbegreiflicher Weise jeder Bewegung jetzt die Form einer Drehung ertheilen „will“, und jene Deviation hierzu das geeignetste Mittel ist. Ein dritter Ausweg scheint mir nicht möglich. Ohne auf die zu Grunde liegenden Begriffe weiter einzugehen, kann ich nun empirisch zeigen, dass die operirten Thiere nicht den „Willen“ haben zu drehen, dass sie im Gegentheil nach einem Mittel suchen, wo möglich gerade aus zu gehen.

Hat man nämlich eine Anzahl solcher operirten Thiere in einem grossen geräumigen Local zusammen, so bewegen sie sich die ersten Tage beständig im Kreise. Hat man sie vor dem Versuche soweit gezähmt, dass sie herbeilaufen, wenn man ihnen Futter hinwirft, so werden sie auch jetzt noch auf dem nächsten Wege herbeizukommen versuchen, werden ihre Hinterfüsse also kräftiger ausstrecken, aber dies wird nur der Drehung einen grösseren Durchmesser geben, sie können sich nicht auf geradem Wege, sondern nur in spiraligen Touren dem Futter nähern. (Man kann sie die Form dieser Touren zeichnen lassen, wenn man ihre Füsse mit Oel befeuchtet). Nach wenigen Tagen aber hat ihnen die Erfahrung ein Mittel gezeigt, die ihnen *offenbar lästige* Kreisbewegung so viel als möglich zu vermeiden. Man sieht jetzt, dass sie sich, wenn sie das ganze Zimmer durchlaufen wollen, immer zuerst an die Wand begeben, welche der Seite der Drehung entspricht, und sich längs derselben hinbewegen. Hals und Kopf finden nun an der Wand ein Hinderniss der Deviation und die Hinterfüsse können sie *gerade* fortstossen. Ja man kann oft sehen, dass wenn sie während dieser Bewegung erschreckt werden, so dass sie ungemessene Muskelanstrengungen machen, der Vorderkörper zu stark bei denselben betheiligt wird. Sie drücken den Kopf dann zu heftig wider die Wand, der Hinterkörper wird durch den zu stark sich beugenden Hals hebelartig von derselben entfernt und sie drehen sich um und sogar nach Umständen gerade dem Gegenstand zu, vor dem sie fliehen wollen. Sobald man diese Thiere in die Mitte des Zimmers bringt und sie so ihrer Seitenstütze beraubt, beschreiben sie jetzt noch eben solche Kreise wie am Anfang nach der Operation.

Jedes so operirte Kaninchen oder Meerschweinchen kann übrigens häufig genug zeigen, dass es, wenn es im freien Raum vor einem Gegenstand flieht, häufig genug zu demselben zurückzukehren genöthigt ist, und die Art wie es dann seine Bewegungen immer fruchtlos beschleunigt, zeigt deutlich, dass es seine unfreiwillige Rückkehr bemerkt.

Die beschriebenen Deviationen sind also vom „Willen“ unabhängig und werden nicht von demselben primär bestimmt. Wir haben jetzt die Natur derselben näher zu prüfen.

Die Abweichung beider Vorderfüsse nach einer Seitenrichtung entsteht nur bei *cerebraler* Bewegung, d. h. bei einer solchen, welche die motorischen Centren im Gehirn zur Fixirung der Extremitäten in Anspruch nimmt, aber sie machen sich nicht geltend bei solchen Bewegungen, welche sich aus *spinaler* Ursache, d. h. durch Anregung des Gemeingefühls auf bestimmte Muskelgruppen reflectiren.

Wir wissen schon, dass selbst nach Entfernung des ganzen Gehirns *alle* Bewegungen noch möglich sind, wenn sie z. B. durch Hautreize vom Rückenmark aus angeregt werden. Aehnliche Ursachen können auch bei Gegenwart des Gehirns Muskeln in Thätigkeit versetzen, die vom Gehirn selbst aus nicht mehr angeregt werden können. Die Pathologie hat Fälle aufgezeichnet, wo beim Menschen jede willkührliche Bewegung einer Gesichtshälfte oder eines

Armes gelähmt war. Dennoch aber wurde diese Gesichtshälfte zugleich mit der anderen vom Mittelhirn oder dem verlängerten Mark aus bei leidenschaftlichen Erregungen, wurde der Arm bei tiefem Gähnen in Bewegung gesetzt. (Vergl. hierüber z. B. Todd in der Cyclop. of Anatomy and Physiology) Bei Thieren, wo die nicht cerebralen Bewegungen sich noch mehr als beim Menschen geltend machen, tritt die Sache noch auffallender hervor. Ein Kaninchen, dessen linker Hirnschenkel durchschnitten ist, kann den linken Vorderfuss cerebral nur so ausstrecken, dass es ihn dabei nach aussen wendet, es würde also die linke Kopfhälfte aus *cerebralem* Antrieb nicht mehr mit den entsprechenden Fingern berühren können. Bringt man ihm aber starken Senfbrei an das linke Nasenloch, so sieht man oft genug, wie es dasselbe ganz normal mit dem linken Vorderfuss abwischt. Deutlicher noch ist die Sache bei Katzen.

Aber selbst nach Entfernung der eigentlichen Hirn*lappen* und der gestreiften Körper macht sich die erwähnte Deviation geltend, wo nicht spinal einzelne Muskelgruppen vorwaltend angeregt werden, sondern wo durch Reflex auf die noch vorhandenen cerebralen Bewegungsorgane das ganze Glied in irgend einer Richtung fixirt werden soll. Daher kann man nach Ablösung der gestreiften Körper der geradlinigen raschen Bewegung der Kaninchen eine Abweichung nach der einen oder der anderen Seite ertheilen, wenn man jetzt einen Sehhügel oder einen Hirnschenkel verletzt.

Dadurch, dass die besprochene Deviation nur cerebral ist, erklärt es sich, warum sie nicht „tonisch" anhaltend, sondern nur stossweise hervortritt, wie gerade im Laufe der Bewegung das Thier seine Vorderfüsse abwechselnd bethätigt oder in das spinale Gleichgewicht zurücksinken lässt. Auch bei der willkührlichen Ortsbewegung des Menschen wechselt ja die active Bethätigung der Muskeln immer rasch mit ihrer Erschlaffung ab.

Die Ursache der erwähnten Deviation kann nun liegen entweder in einer cerebralen Lähmung oder in einer Contractur gewisser Muskelgruppen. Die Versuche haben für die Gegenwart der ersteren entschieden.

Wenn es auch schon an und für sich unwahrscheinlich ist, dass die Zerstörung gewisser Theile der motorischen Centra eine *Contractur*, also eine *Vermehrung* gewisser vom Gehirn aus wirkender motorischer Einflüsse, auf die Dauer hervorbringen könne, so musste doch auch diese Möglichkeit experimentell geprüft werden. In Contractur müssten sich bei der willkührlichen Bewegung im gegebenen Falle befinden die Muskeln, welche den einen Vorderfuss nach innen und den anderen nach aussen wenden. Ist diese Hypothese statthaft, so müssen nach Abtrennung *beider* Sehhügel auch die Muskeln für *jede* seitliche Bewegung an beiden Vorderfüssen bei jedem Willensimpuls in Contractur gerathen, die Füsse wären dann nach der Seitenrichtung mehr fixirt als normal. Ist es hingegen eine Lähmung, die wir vor uns haben, so wären nach der angegebenen schwierigen Operation die Vorderfüsse *seitlich* gar nicht mehr fixirt. Versuche, die ich 1846 (Tübinger Archiv pag. 673) hierüber veröffentlicht, hatten in dieser Beziehung kein exactes Resultat, ich hatte mir aber auch die Frage damals noch nicht so gestellt. Ich sah nach der schwierigen Abtrennung beider Sehhügel in gleicher Höhe die Vorderfüsse starr nach *vorn* gestreckt, so dass sie, wenn das Thier sich bewegen wollte, nur mit ziemlichem Widerstand *zurück*gebogen werden konnten, *seitlich* unterstützten sie den Vorderkörper nicht mehr, so dass er nach dem Sprung *indifferent* auf die eine oder die andere Seite fiel, während der Hinterkörper sich aufrecht erhielt. Spätere nach einer anderen viel schonenderen Methode angestellte Versuche haben diese Resultate bestätigt und zugleich gezeigt, dass die vorgestreckten Vorderfüsse zwar nicht nach hinten, aber ohne jeden bemerklichen Widerstand sehr gut nach der einen oder nach der anderen Seite gebogen werden konnten, wenn das in die Höhe gehaltene Thier auch noch so energische Bewegungsanstrengungen zeigte. Diese Schlaffheit der adduzirenden und abduzirenden Muskeln spricht also gegen eine Contractur derselben.

Dass durch Verletzung beider Sehhügel die Beweglichkeit der beiden Vorderfüsse überhaupt sehr leidet, während die der hinteren erhalten ist, damit stimmen die Versuche von *Serres*, auf die ich aber hier keinen Werth lege, und ein Versuch von *Rolando* an einem Schwein, der mir um so mehr zu berücksichtigen scheint, als er gerade den *theoretischen* Ansichten *Rolando*'s selbst widerspricht, die nur dem *kleinen* Gehirn Bewegungseinfluss zugestehen Eben so wenig wie die Versuche von *Serres* möchte ich diejenigen seines Schülers *Lousteau* und die älteren von *Saucerotte* hervorheben, die zwar in Betreff der Sehhügel mit meinen Resultaten im Allgemeinen im Einklang sind, aber die auch unbegreiflicherweise eine besondere Beziehung der Streifenhügel zu den *hinteren* Extremitäten gefunden haben wollen, und deren Versuchsmethode ganz zu verwerfen ist.

Wir können also annehmen, dass bei den zum Versuche benützten Thieren Sehhügel und Hirnschenkel einer Hirnhälfte der willkührlichen Beugung des Halses nach einer Seite und gewissen Bewegungen der *beiden* Vorderfüsse vorstehen, so dass in demselben Organe die centralen Apparate für die Adduction des einen und der Abduction des anderen Vorderfusses vereinigt sind. Es fänden sich also hier alle diejenigen Fasern zusammen, welche bei einer Seitwärtswendung des Thieres gleichzeitig in harmonische Thätigkeit gerathen und ihre Lähmung zwingt die Thiere, allen ihren Ortsbewegungen eine Richtung nach der anderen Seite hin zu geben und durch Summirung der den Vorder- und Hinterkörper ungleichmässig treffenden Stösse eine Kreisbewegung zu beschreiben. Der Mechanismus derselben macht es begreiflich, dass eine Krankheit des Sehhügels, selbst wenn es erwiesen wäre, dass er auch beim Menschen die bezeichnete Bewegung *beider* Arme zugleich in der angegebenen Weise beherrschte, doch nicht eine ähnliche Drehbewegung hervorrufen könnte, weil sich der Mensch beim Gehen nicht auf die deviirten Vorderextremitäten stützt. Beim Menschen scheint aber die Kreuzung der Bewegungsnerven vor ihrem Eintritt in's Hirn viel vollständiger als bei Thieren, so dass jeder Hirntheil ausschliesslich *nur* Motoren der ihm entgegengesetzten Körperhälfte zu beherrschen scheint.

Von grossem Interesse wäre es, die hier besprochene Operation an Springmäusen gelegentlich zu wiederholen.

Wird die Durchschneidung des Hirnschenkels weit hinten vorgenommen, wo er sich schon dem Pons nähert, so kann die, in der ersten Zeit immer eine kleine Strecke über die Schnittränder hinaus sich erstreckende, mechanische Wirkung der Verletzung Symptome herbeiführen, wie sie der Section der Längsfasern einer Ponshälfte entsprechen, die Drehung des Thieres geschieht dann nach der entgegen gesetzten Seite ganz wie beim Hirnschenkel, aber der beschriebene Kreis ist sehr klein und wird erst allmählich grösser, bis er endlich die sogenannte Manègebewegung darstellt. (*Magendie* hat den Namen „mouvement de manège“ für die in diesem Kapitel besprochene Drehung vorgeschlagen, wegen ihrer Aehnlichkeit mit den Bewegungen eines Pferdes an der Leine).

Nach mehreren Versuchen, die ich 1844 angestellt, ist es mir wahrscheinlich, dass der *äussere* Theil des Hirnschenkels, wenn er ohne Eröffnung der Schädelhöhle durch ein kleines nadelartiges Instrument in der Nähe des Pons mit Schonung seiner inneren Hälfte durchschnitten wird, nur im *entsprechenden* Vorderfuss die Deviation nach aussen bedingt, die erwähnte Operation schwächt wegen ihrer gleichzeitigen Einwirkung auf die eine Ponshälfte auch den Hinterfuss der entgegen gesetzten Seite, so dass in den beiden Extremitäten der verletzten Hälfte (sei es die linke) die Triebkraft nach *rechts* überwiegt. Hierdurch ent-

steht nun eine eigenthümliche Art der Bewegung, die in meiner Schrift über die Hirnbasis (1845 pag. 25) genau beschrieben ist. Das Thier scheint anfangs ganz transversal fort zu rücken, betrachtet man aber die Sache genauer, so bemerkt man, dass es sich in einem sehr grossen Kreise fortbewegt, aber nicht, wie im vorigen Falle, in seiner Peripherie, sondern, indem die Längsaxe des Körpers eine Fortsetzung des Radius bildet.

Brown-Sequard hat, ohne meine Arbeit zu kennen, seit 1851 diese Art der Bewegung ebenfalls gesehen und dieselbe als eine „neue Art der Drehung" mehrfach fast ganz mit denselben Worten beschrieben, deren ich mich in der angeführten Schrift bedient hatte. Die Angabe der Unterschiede in dem von mir und *Brown-Sequard* zur Erzeugung dieser Art der Drehung angewendeten Operationsverfahren, welche der letztere im fünften Bande der mémoires de la soc. de Biologie pag. 167 veröffentlicht hat, beruhen, wie sich jeder aus meiner Schrift überzeugen kann, wesentlich auf einem Missverständniss von Seiten des französischen Forschers. Interessant ist es aber, dass *Brown-Sequard* gefunden hat, dass wenn man die Nadel langsam durch den hinteren Theil des Hirnschenkels (wie er glaubt, durch die hinteren Vierhügel) schräg von oben und vorn her gegen den Pons führt, zuerst, so lange das Instrument im Gebiete des Hirnschenkels verweilt, eine der Manègebewegung ähnliche Drehung entsteht, die sich zuerst beim Ergriffenwerden des Pons in die oben beschriebene umwandelt, wahrscheinlich weil jetzt erst durch Beschränkung der Bewegung im entgegengesetzten Hinterfuss, der laterale Impuls durch den Hinterfuss der entsprechenden Seite die Oberhand gewinnt. Der letztere Umstand musste mir entgehen, weil ich stets die Nadel von der *Seite her* eingestochen habe.

Bei allen bisher beschriebenen Versuchen mussten die Thiere so lange festgehalten werden, bis ein durch die Schädeldecken eingeführtes nadelartiges Instrument die Theile durchschnitten hatte. Oeffnen wir aber die Schädelhöhle und entblössen wir die zu verletzenden Theile durch Wegnahme eines Theils der Hirnlappen, so können wir den Versuch ausführen, ohne die frei auf dem Tische stehenden Thiere im Geringsten festzuhalten, denn Sehhügel und Hirnschenkel besitzen kein Schmerzgefühl. Hier kommen wir nun zunächst zu dem interessanten Resultate, dass im Momente der Durchschneidung im Seitentheile des Halses und in den Vorderfüssen Bewegungen entstehen, die (als Producte der Reizung) den vorhin beobachteten bleibenden Lähmungsphänomenen *gerade entgegengesetzt* sind. Diese Bewegungen, welche ebenfalls eine Drehung bedingen, dauern 7 bis 8 Secunden, selten sah ich sie bis zu 12 Secunden anhalten.

Gesetzt wir durchschnitten den linken Hirnschenkel, so geht also der bleibenden Drehung nach rechts eine ganz kurz andauernde Drehung nach links vorher. Dabei sieht man, wie noch während des Schnittes die Vorderfüsse nach rechts ausweichen und der Kopftheil des Thieres nach links geworfen wird. Herr *Yersin* in Morges, der sich mit den Drehbewegungen der Insecten nach Durchschneidung des Schlundringes beschäftigte, hat, ohne meine im Tübinger Archiv 1846 pag. 678 mitgetheilten Beobachtungen zu kennen, ebenfalls bemerkt, dass der bleibenden Drehung eine andere im entgegengesetzten Sinne vorhergeht, die aber hier länger als bei Kaninchen dauert.[1])

Durch die zuletzt angewendete Methode erfahren wir ferner, dass man vom oberen und vom nach aussen und vorn gelegenen Theil des Sehhügels ziemlich tiefe Schichten abtragen kann, ohne noch die angegebenen Deviationen und Drehbewegungen zu erzeugen. Erst in der Tiefe dieses Theiles trifft man also auf die Nervenapparate für die Arme.

Hingegen scheint es mir nach Versuchen an mehreren Meerschweinchen und einem Eichhörnchen, dass die höher in der Wölbung des Seh-

---

[1]) Bulletin de la société vaudoise des sciences nat. No. 41.

hügels gelegenen Schichten einen bemerkenswerthen Einfluss auf die *Strecker der Finger* haben. Nach ihrer Abtragung stützten sich die Thiere noch ganz normal auf ihre Extremitäten, aber die Finger der vorderen wurden nicht mehr gehörig gestreckt, die Thiere traten auf der Rückenfläche der gebeugten Finger, ja auf dem Rücken der ganzen Hand auf. Und zwar ergriff diese Lähmung, ganz der Norm der Kreuzung folgend, nur die Hand der entgegen gesetzten Seite.

Die eben erwähnten Beobachtungen könnten, wenn wir sie, wahrscheinlich mit Recht, auch für den Menschen gültig erachten, zur Erläuterung einiger pathologischen Thatsachen angewendet werden. Wir sehen nämlich in vielen Fällen, wo eine Hirnkrankheit ihren Einfluss auf die motorischen Functionen zu äussern und Lähmung zu erzeugen beginnt, als erstes *Symptom* eine Flexion der Finger gegen die Hohlhand eintreten, die, wie *Andral* bemerkt, eher einer Lähmung der Extensoren, als einer Zusammenziehung der Flexoren ihre Entstehung verdankt. Sollte nicht hier die Krankheit von den Häuten des Seitenventrikels, den gefässreichsten Gebilden des Gehirns, sich allmählich über die Ausdehnung des Sehhügels verbreiten?

Vor dem Sehhügel, zwischen ihm und dem gestreiften Körper, liegt eine Stelle, deren Reizung bei Kaninchen eine kurz angehaltene starke Exspirationsbewegung mit eigenthümlicher Erzitterung im Larynx bewirkt, die sogar häufig einen grunzenden Ton erzeugt, wie ihn Kaninchen *bei keiner anderen Verletzung* hören lassen.

Schon *Magendie* hatte bei Kaninchen nach gewissen Verletzungen, die wie er glaubt, den Sehhügel trafen, diesen Ton gehört und auf seine Eigenthümlichkeit aufmerksam gemacht. Er vergleicht ihn treffend mit dem Schnauben der männlichen Kaninchen, wenn sie sich gegenseitig verfolgen oder bekämpfen. In der That habe ich diesen Laut bis jetzt nur bei Versuchen an Männchen wahrgenommen. Lächerlich ist der Einwurf eines Schriftstellers, wir hätten uns hier durch ein Schreien der plötzlich verwundeten Thiere täuschen lassen. Den erfahrenen *Magendie* wenigstens hätte man mit dergleichen Verdächtigungen verschonen sollen.

Wir haben gesehen, dass zwischen Sehhügel und Hirnschenkel eine Kreuzung der Wirkung besteht. Wenn uns schon das hintere Viertheil der Sehhügel ähnliche Wirkungen wie der Hirnschenkel lieferte, so beruht dies wahrscheinlich auf einer Weiterverbreitung des mechanischen Einflusses der Verletzung, denn es ist ein allgemeines Gesetz, das schon *Magendie* ausgesprochen: *Wenn entgegen gesetzt wirkende Theile der Bewegungscentra verletzt sind, so ist immer die Wirkung desjenigen Schnittes vorwaltend, der dem verlängerten Marke näher liegt.*

Eine Versuchsreihe, um den Ort zu bestimmen, wo der wahrscheinlich der gekreuzten Wirkung entsprechende Faseraustausch zwischen dem Sehhügel und dem Hirnschenkel der andern Seite stattfinde, führte mich zu dem Resultate, dass dies vermuthlich im Inneren des vorderen Theils der substantia perforata media geschehe. Dass die Kreuzung sich nicht in der zwischen den Sehhügeln ausgebreiteten Commissura mollis, oder im Boden der vierten Hirnhöhle befinde, dafür liessen sich auch schon frühere Versuche von *Valentin* anführen.

Der Einfluss auf die Sensibilität von Seiten der genannten Theile ist noch wenig untersucht. Hat man einem Kaninchen oder einer Katze den Hirnschenkel an irgend einer Stelle durchschnitten oder nur verletzt, so beobachtet man gleich nach der Operation und in den ersten Stunden, dass die Extremitäten, die Hälfte des Rumpfes, noch viel ausgesprochener aber die Hälfte des Kopfes auf der Seite des Schnittes, gegen Empfindungsreize viel stärker reagiren, als die gleichnamigen Theile der anderen Körperhälfte. Für die Vorderextremitäten und den Kopf lässt es sich immer deutlich nachweisen, dass dies keine *Verminderung* der

Empfindlichkeit in gekreuzter, sondern eine *Erhöhung* in directer Richtung ist. Dasselbe gilt vermuthlich auch für den Hinterkörper.

Diese Erhöhung der Empfindlichkeit am Rumpfe und den Extremitäten ist indessen bald (manchmal schon nach einigen Stunden) verschwunden. Für den Kopf hält sie bedeutend länger an, besonders im Gebiete des Trigeminus. Man kann sich davon überzeugen, wenn man das Thier nur sanft an den Barthaaren zieht. Katzen zeigen auch eine sehr bedeutende Differenz in den Bewegungen beider Ohren, wenn man wider dieselben bläst. Aber auch im Kopf ist die Hyperästhesie nicht dauernd. Den Sehhügel habe ich in dieser Beziehung noch nicht geprüft.

Es scheint aus diesen Versuchen, wenn wir ihnen die beim Rückenmark ermittelten Thatsachen entgegenstellen, geschlossen werden zu dürfen, dass bei den genannten Thieren der Hirnschenkel einen directen Weg für die Leitung des Hautgefühls der entsprechenden Seite zu den Hirnlappen abgibt, und dass die hier befindlichen Leiter der Sensibilität noch nicht gekreuzt sind. Der Hirnschenkel jeder Seite ist aber wahrscheinlich nicht der einzige Weg, auf dem die sensibele Leitung für die entsprechende Körperhälfte gegen das Hirn geschieht.

2) Längsfasern des Pons. Der Einfluss ihrer Lähmung ist, wenn man die gleichzeitigen störenden Folgen der Verletzung der Querfasern vermeiden will, nur durch Querschnitte im vordersten Theile vor dem Ursprung des Nervus trigeminus zu studiren.

Ein solcher Querschnitt theilt natürlich die Fasern des Hirnschenkels auf ihrer Fortsetzung zur Medulla oblongata und man hat daher die Symptome der Lähmung des Hirnschenkels verbunden mit der Unthätigkeit derjenigen Fasern, die bereits im Pons an der bezeichneten Stelle ihr centrales Ende erreichen.

Die Deviation der Vorderfüsse bleibt ganz dieselbe wie bei der Section eines Hirnschenkels, die horizontale Beugung des Körpers nach der entgegen gesetzten Seite ist aber viel intensiver und erstreckt sich weiter nach hinten als bei der vorhin besprochenen Operation, so dass die Schnauze oft die Wurzel des Schwanzes nahe berührt oder während der Bewegung sich tief unter dem Oberschenkel versteckt, wenn derselbe, wie wir sehen werden, passiv vom Bauche abgerückt ist, dem er sonst beständig anliegt. Dabei zeigt sich als ganz neues Symptom eine sehr mangelhafte Bewegung des Hinterfusses der entgegen gesetzten Seite, der zwar noch den Körper unterstützt und ausgestreckt (spinal) wieder angezogen wird, aber in fast beständig halb gebogenem contrahirtem Zustand an den cerebralen Bewegungen nicht mehr normal Theil nimmt. (Man erinnert sich, dass schon im obersten Theile des verlängerten Markes die Kreuzung für die Hinterfüsse stattfindet.)

Eine Folge der eben beschriebenen cerebralen Lähmung (oder Schwächung) des Hinterfusses ist nun eine wesentliche Veränderung in der Form der Drehbewegungen.

Die Manègebewegung war die Resultante der Diagonalen, hervorgegangen aus der Propulsion nach *vorn* durch beide Hinterfüsse und aus dem *seitlichen* Antrieb durch beide Vorderfüsse. Nun nimmt aber durch Lähmung des einen Hinterfusses die Propulsion nach vorn bedeutend ab und der seitliche Impuls nimmt dadurch zu, dass jedes Glied, wenn es ohne das entsprechende der anderen Seite wirkt, dem Körper einen Stoss nach der letzteren hin ertheilt.

Wir haben in der That jetzt keine Manègebewegung mehr, sondern eine Drehung in einem sehr kleinen Kreis, dessen Centrum die Ferse des gegenüber liegenden unthätiger gewordenen Fusses bildet, während

die Längenaxe des Körpers sich nicht mehr in der Peripherie befindet, sondern den Radius des Kreises selbst bildet. Es entstehen hierdurch bei der Bewegung oft sonderbare Verstellungen des gelähmten Fusses zur Körperaxe, deren Beschreibung hier zu weit führen würde.

Ich sah diese Drehung einmal bei einem nicht operirten Kaninchen über 14 Tage lang andauern. Als das kranke Thier von selbst gestorben war, fand ich ein fibröses Aftergebilde im vorderen Theil des Pons und in dem hintersten Abschnitt des Hirnschenkels. Die Nervencentra waren sonst anscheinend gesund. Die Veränderungen in den Abdominalorganen werden wir an einer anderen Stelle besprechen.

Die Sensibilität nach der Durchschneidung an der bezeichneten Stelle verhält sich wie nach der Section des Hirnschenkels.

Auf diese dürftigen Notizen beschränkt sich alles, was wir über den motorischen und sensitiven Einfluss der Längsfasern des Pons wissen, der hiermit gewiss noch lange nicht erschöpft ist. Wahrscheinlich vereinigen sich in ihm alle Bewegungsnerven des Hinterfusses mit den cerebralen Enden der Apparate für die Vor- und Rückwärtsbewegung der Vorderfüsse und für die Seitenmuskeln des Körpers, so weit diese nicht, wie wir gezeigt haben, als rein respiratorische in den Seitensträngen des verlängerten Markes enden.

In Bezug auf die Empfindungsleitung scheinen den Pons Repräsentanten aller sensibeln Nerven, wenigstens der Extremitäten, zu durchsetzen, die sogar hier selbst bis zu einem gewissen Grade sensibel scheinen, da, wie mehrere pathologische Beobachtungen zeigen, Krankheiten des Pons beim Menschen öfters mit excentrischen schmerzhaften Empfindungen in den Extremitäten, wenigstens im Anfange und mehrmals dauernd, verbunden waren. Es bleibt freilich hier der Zweifel, der allen pathologischen Beobachtungen bis jetzt anhaftet, ob wirklich der Pons das einzige kranke Organ war. Es versteht sich von selbst, dass Desorganisationen des Pons auch die Functionen aller der Nerven stören, die unmittelbar in ihn eintreten und wir müssen hier nach *Romberg* unterscheiden zwischen den Veränderungen, welche die eigentlichen centralen Bahnen ergreifen und die wenigstens beim Menschen (nicht aber beim Trigeminus der Versuchsthiere) gekreuzt wirken, von der — oft nur mechanischen — Beeinträchtigung in der Nähe der Austrittsstelle, welche sich auf der erkrankten Seite selbst bemerklich macht.

Durch den Pons treten in den Hirnschenkel und den Sehhügel auch viele vasomotorische Nerven ein, und ihre Lähmung und deren secundäre Folgen sind es, welche, wie ich schon vor langer Zeit gezeigt habe, endlich den Tod der Thiere nach der Verletzung der genannten Theile herbei führt, wenn auch die Verwundung und ihre directen Folgen selbst eine Zeit lang ohne alle weiteren Beschwerden ertragen wurden. Die nähere Erörterungen dieses Punktes bildet einen der interessantesten Abschnitte im Kapitel über den Einfluss des Nervensystems auf Kreislauf und Ernährung.

3) *Mittlere Kleinhirnschenkel und kleines Gehirn.* *Magendie* hat gefunden, dass wenn man die vom Pons aufsteigenden mittleren Kleinhirnschenkel durchschneidet, das Thier um seine Längenaxe rollt. „Anhaltend“, wie er sagt, „und unwiderstehlich“. Ein so operirtes Kaninchen, das auf Heu lag, drehte sich auf diese Weise acht Tage lang beständig fort, ausser wenn es fressen wollte, so dass es sich zuletzt ganz wie eine verpackte Flasche mit Heu umwickelte. Die Richtung, in der die Thiere drehen, ist nach *Magendie* gegen die verwundete Seite hin.

Schon vor *Magendie*'s Entdeckung finden sich Angaben über ähnliche Drehungen ohne Bestimmung der verletzten Localität bei *Arnemann* und angeblich (ich konnte das Original nicht vergleichen) bei *Mehan de la Touche*. Aber einer brauchbaren pathologischen Beobachtung aus dem vorigen Jahrhundert werden wir zu erwähnen haben. Ausserdem hat auch *Serres* diese Bewegung schon vor den Versuchen *Magendie*'s an einem Menschen beobachtet.

Laffargue und besonders *Longet* glaubten nach eigenen Versuchen *Magendie* insofern widersprechen zu müssen, als sie die Rollbewegung nicht nach der *verletzten*, sondern nach der gesunden Seite hin erfolgen sahen. Sie gründen darauf die Erklärung dieser Bewegung als Folge einer gekreuzten fast vollständigen Lähmung der Extremitäten einer Körperhälfte.

Abgesehen davon, dass es kaum einzusehen ist, wieso eine einseitige Lähmung der Extremitäten Rollbewegungen erzeugen soll, zeigt eine genauere Beobachtung der Thatsachen, dass die angegebene Drehung von den Extremitäten völlig unabhängig ist. Schon im Jahr 1845 habe ich gezeigt, dass das Rollen fortdauert, wenn man auch die Bewegungen der Füsse aufhebt, dass es nur dadurch etwas verlangsamt wird.

Sobald man an irgend einer Stelle das System der mittleren Kleinhirnschenkel verletzt oder durchschnitten hat, entleert das Thier in der Regel den Urin, wenn die Blase gefüllt ist. Der Urin wird nicht plötzlich ausgespritzt, wie wenn die motorischen Blasennerven gereizt wären, sondern er beginnt nach kurzer Zeit langsam auszufliessen.

Legt man das Thier auf den Boden, so bemerkt man jetzt, dass die Körperaxe niemals, ausser bei Ausschluss aller cerebraler Thätigkeit, *gerade* ausgestreckt ist, sondern es beginnt in der Nähe der oberen Lenden oder unteren Brustwirbel eine gegen den Hals hin zunehmende Deviation der Wirbelsäule, nicht in *horizontaler*, sondern in vertikaler Richtung. Denkt man sich vom Rücken gegen die Mittellinie des Bauches und der Brust eine Scheidewand durch das ganze Thier gezogen, so liegt diese Scheidewand für den Brusttheil in jeder Stellung des Thieres, während seiner Thätigkeit, in einer anderen Ebene als die Scheidewand des Bauchtheils. Beide Ebenen weichen in einiger Entfernung von der Drehungsstelle um nahezu 90° von einander ab.

Dies ist eine Folge einseitiger cerebraler Lähmung der Rotatoren der Wirbelsäule.

Das Thier ist keineswegs immer genöthigt zu rollen, es kann in jeder Richtung ruhig liegen, aber stets zeigt sich, wenn sich nämlich das Thier selbständig gelegt hat, dass während z. B. der Bauch mit der *Seitenfläche* auf dem Boden liegt, die Brust demselben ihre *untere* Seite zukehrt, hebt sich nun das Thier durch den Zug und durch das Bestreben sich aufzurichten auf den Hintertheil, so berührt jetzt die Seite der Brust den Boden, und fällt der Hintertheil nach, so dreht sich die Brust wieder um 90° und stützt sich nach unten auf die Dornfortsätze der Wirbel.

Die Extremitäten können sich zwar noch kräftig bewegen, aber dennoch kann das Thier nicht mehr auf allen Vieren stehen, weil sobald die Hinterfüsse auf den Boden kommen, die Vorderfüsse nach der Seite gekehrt sind.

Jedes Thier, das gehen will, muss seine Wirbelsäule fixiren, weil sie die feste Axe bildet, auf die der Stoss der Extremitäten wirkt. Will nun aber ein Thier nach Durchschneidung des mittleren Kleinhirnschenkels z. B. der linken Seite, sich auf die Füsse stellen, so wird rasch die Brust um 90° nach links rotirt und fällt auf den Boden; im nächsten

Moment gibt der Hinterkörper dem Zug nach, fällt um und sogleich erfolgt ein neues cerebrales Fixirungsbestreben, das die Wirbelsäule der Brust nach unten bringt, während sich die Vorderfüsse mit machtlosen Bewegungen gerade nach oben strecken, auf diese Weise folgt eine Reihe rascher Stösse und das Thier muss sich fortwährend um seine Längsaxe rollen, bis es sich in irgend einer beliebigen aber stets der Länge nach verkrümmten Lage ausruht.

Die Rotatoren der Wirbelsäule sind also an derjenigen Seite gelähmt, die den Ausgang der Drehung bildet, also auf der *linken* Seite, wenn das Thier sich nach rechts dreht.

Eine theilweise Verletzung der Querfasern des Pons oder von deren Fortsetzung im mittleren Kleinhirnschenkel kann die Drehung auf einzelne Regionen der Wirbelsäule beschränken. So habe ich oft beobachtet, dass sich nach Verletzung der *hintersten* Querfasern bei Hunden und Katzen nur der Hals dreht und zwar so, dass der Kopf dabei schief nach hinten (oben) kommt. Das Thier kann dann noch auf den Füssen stehen, aber eine Seitenfläche des Kopfes sieht nach unten, die Schnauze schief nach oben und seitwärts.

Richtung der Rollbewegungen. Das System der mittleren Kleinhirnschenkel umgibt in queren Faserzügen den Pons und steigt an jeder Seite desselben aufwärts in die Lappen des kleinen Gehirns.

Werden nun die mittleren Kleinhirnschenkel entweder selbst oder durch einen einseitig geführten Längsschnitt im Gebiete des Pons getrennt, so ist die Richtung der Rollbewegung, wie *Magendie* richtig angab und wie *Hertwig* bestätigte, nach der Seite der Verletzung. Die Lähmung befindet sich also auf der anderen Seite und die Wirkung ist demnach *gekreuzt*.

Macht man aber den Schnitt durch einen Seitentheil des Kleinhirnlappens, so rollt das Thier ganz auf dieselbe Weise, aber nach der der Verletzung *entgegengesetzten* Seite. Die Lähmung befindet sich demnach auf der entsprechenden und die Wirkung ist *direct*.

Longet, der von vorn her die Operation ausführen will, erreicht, wie ich gezeigt und sogar in einigen Fällen an den von ihm selbst operirten Kaninchen nachgewiesen habe, gar nicht den mittleren Kleinhirnschenkel, sondern nur die Seitentheile des Kleinhirns und daher sein Widerspruch gegen *Magendie* in Betreff der Drehungsrichtung.

In neuerer Zeit haben *Bernard* und *Longet* selbst diesen Widerspruch auf eine andere aber irrige Weise aufzuklären gesucht. Blos mit Rücksicht auf die Methoden, welche die verschiedenen Resultate liefern und ohne Beachtung der erzeugten Verletzung selbst, haben sie behauptet, dass die Verwundung desjenigen Abschnittes des Kleinhirnschenkels, der mehr nach vorn, vor dem Ursprung des Trigeminus liege, das umgekehrte Resultat von der Durchschneidung des hinteren Theiles liefere. Ich muss nach fortgesetzten Untersuchungen nur um so fester auf meiner früheren Ansicht beharren. Allerdings wird bei Durchschneidung des Kleinhirnlappens nach *Longet*'s Methode oft der vorderste Abschnitt an der Kante der Kleinhirnschenkel mitverletzt. Dieser Abschnitt hat aber, wie mich die isolirte Trennung desselben lehrte, gar keinen Einfluss auf die Bewegung des Rumpfes, höchstens auf die der Augen.

Es existirt also eine Kreuzung gewisser Fasern zwischen den Kleinhirnlappen und dem Kleinhirnschenkel, gerade wie zwischen Sehhügel und Hirnschenkel. Da aber die Wirkung des Kleinhirnschenkels selbst eine gekreuzte ist, so muss sich seine Fortsetzung im Pons irgendwo zurück kreuzen.

Wenn man beide Kleinhirnschenkel in gleicher Höhe trennt, so werden, wie schon *Magendie* gesehen, zwar die Rollbewegungen wieder auf-

gehoben, aber der Gang des Thieres wird schwankend und unsicher. Dies kommt, wie ich gefunden habe, daher, dass die Wirbelsäule nicht mehr gehörig fixirt wird, dieselbe beugt sich bald nach rechts, bald nach links.

Das letztere dient nun auch zum Beweise, dass die Folge einseitiger Durchschneidung des Kleinhirnschenkels eine cerebrale *Paralyse* und nicht etwa eine cerebrale Contractur auf der entgegengesetzten Seite ist.

Die Bewegungen der Augen sind nach der besprochenen einseitig ausgeführten Operation ebenfalls characteristisch verändert. Hat man den Hirnschenkel durchschnitten, so steht das Auge der verletzten Seite nach vorn und unten, das der anderen Seite nach hinten und oben. Dies hat schon *Magendie* richtig angegeben. Sind die Seitentheile des kleinen Gehirns durchschnitten worden, so steht im Gegentheil das Auge der anderen Seite nach vorn und unten, das Auge der verletzten Seite sah ich aber gewöhnlich nicht fixirt, sondern es rollte beständig in der Orbita herum.

Es ist wohl nur ein Irrthum in der Redaction, dass die Augenstellung bei der Drehung nach der *gesunden* Seite von einem geachteten Forscher anders angegeben worden. Die meisten neueren Compilatoren haben den Irrthum aber nicht bemerkt und denselben so unbedenklich nachgeschrieben.

Die Bewegungen der Extremitäten und die Sensibilität des Körpers boten mir nach Durchschneidung des Kleinhirnschenkels keine bemerkenswerthe Veränderung.

Die Ursache des Todes der operirten Thiere ist mir unbekannt geblieben. Gefässnerven für einige Abdominalorgane, wie Leber, Nieren gehen allerdings, wenigstens in der unteren Partie der Kleinhirnschenkel ein, aber es war nicht möglich zu beurtheilen, wie weit sich die Folgen ihrer Lähmung erstrecken.

Es ist ferner eine unerklärte aber richtige Angabe von *Magendie* und *Longet*, dass die Rollbewegungen um so rascher ausfallen, jemehr sich der Schnitt von der Mittellinie der Brücke entfernt. Bei Verwundung des Kleinhirns sah ich schon über 130 Drehungen in der Minute.

Axendrehungen bei Menschen. Derselbe Mechanismus, welcher bei Thieren Rollbewegungen bedingt, muss auch bei Menschen Axendrehungen hervorbringen können, da dieselben nicht wie die horizontale Drehung von der Bewegung auf vier Füsse abhängen. In der That sind ausser den Fällen, wo krankhafte Veränderungen in der Gegend der mittleren Kleinhirnschenkel eine partielle Axendrehung, eine Verdrehung des Kopfes nach der Seite, ähnlich dem Tortikollis bewirkten, einige Beobachtungen bekannt, in denen bei einer Krankheit an der bezeichneten Stelle anhaltende Drehungen um die Längsaxe des Körpers entweder im Liegen oder sogar im Gehen hervorstechendes Symptom war. Gewiss würde dies Symptom öfter beobachtet werden, wenn Krankheiten der Querfasern des Pons ohne Druck auf andere motorische Centraltheile, der viel eingreifendere Lähmungen bedingt, nicht zu den grossen Seltenheiten gehörten.

Schon im vorigen Jahrhundert ist im dritten Band der „ratio medendi" von *Stoll* in Wien ein Fall beschrieben, in welchem der Kranke anhaltende Wälzungen (volutatio, also Axendrehung) im Bett, besonders des Nachts vornahm und wo ein Eiterheerd im seitlichen Lappen des kleinen Gehirns gefunden wurde. Andere Fälle von *Serres* (Anat. du cerveau II, pag. 623, *Magendie,* Journal III, pag. 135) von *Belhomme* (troisième memoire sur les localisations, Paris 1839, pag. 424) und von *Gavarret* an einem kranken Schafe, sind im Werk von *Longet* mitgetheilt. Hier zeigten sich Krankheiten des Kleinhirnschenkels und

die Axendrehung war nach der entgegengesetzten Seite gerichtet. Es existiren noch andere Fälle, wo man ähnliche Bewegungen an Lebenden beobachtet hat, ohne dass die Section mitgetheilt wurde. Man muss im Auge behalten, dass *Reizung* der Kleinhirnschenkel wahrscheinlich zu ähnlichen Resultaten führen kann.

Kleines Gehirn. In einer grossen Reihe leicht zu wiederholender und seitdem von vielen Seiten bestätigter Versuche, hat zuerst *Flourens* gezeigt, dass wenn man bei Säugethieren oder bei Vögeln einen Theil des kleinen Gehirns abträgt, zwar alle Bewegungen des Körpers noch möglich bleiben, dieselben aber mit einer gewissen hastigen Unregelmässigkeit ausgeführt werden. Der Gang wird schwankend, zitternd wie der eines Betrunkenen, ja das ruhige Stehen ist oft von Hin- und Herwanken unterbrochen, die Thiere verlieren das Gleichgewicht und es scheinen sich manchmal ganz veitstanzähnliche Mitbewegungen geltend zu machen.

Flourens schloss aus diesen Beobachtungen, dass das kleine Gehirn zwar nicht das cerebrale Centrum für die *Ausführung*, aber für die *Coordination* der Bewegungen sei.

Je tiefer die Verletzung des Kleinhirns, um so mehr machen sich die eben beschriebenen Störungen geltend. Hat man nur kleinere Stücke aus dem oberen Theil des Kleinhirns weggenommen, so sind die Störungen in der ersten Zeit stark vorhanden, mindern sich aber bald und können nach einigen Stunden oder Tagen verschwinden.

Da ein solches Verschwinden der Lähmung wohl bei theilweiser Verletzung der *Leitungsapparate*, nie aber nach Zerstörung der *Centra* beobachtet wird, von denen eine Function ausgeht, so deutet dieser Umstand schon darauf hin, dass nicht die Desorganisation aller Schichten des kleinen Gehirns die von *Flourens* beobachteten Erscheinungen erzeugt, sondern dass die, sogar oft ziemlich beträchtlichen, Substanzverluste nach denen sich die Bewegung wieder herstellen konnte, nur dadurch wirksam waren, dass bei der Operation einzelne noch tiefer gelegene Theile mechanisch (etwa durch Zerrung oder Druck) mit beeinträchtigt waren, die sich dann, wie man dies oft sieht, bald wieder erholten. Die Function eines wirklich ausgeschnittenen Theiles kann sich nicht wieder herstellen.

Es fragt sich also, welches sind die tieferen wirksamen Theile?

Es hat sich ferner in verschiedenen Versuchen gezeigt, dass ganz symmetrische Verletzungen des kleinen Gehirns zu beiden Seiten, selbst wenn sie durch die ganze Dicke desselben drangen, zwar die Bewegungen schwächten, aber nicht den von *Flourens* beobachteten Erfolg hatten. Dies passt nicht zu einem *coordinirenden* Organ und deutet eher auf Theile, welche seitliche Bewegungsanomalien herbeiführen.

Die Pathologie konnte nach eingreifenden Krankheiten grosser Theile des kleinen Gehirns oft durchaus keine Anomalie der Bewegungen entdecken, die auf eine mangelnde Coordination derselben hindeuteten.

Nachdem ich im Jahr 1844 den Einfluss der mittleren Kleinhirnschenkel auf die Fixirung der Wirbelsäule und den gekreuzten Eintritt dieser Theile in die unteren Schichten der seitlichen Kleinhirnlappen gefunden, bot sich leicht ein Mittel, alle diese Widersprüche zu lösen.

Eine operative Verletzung des Kleinhirns scheint, ohne eigenen directen Einfluss auf die Bewegung, ihre mechanische Wirkungen auf die *vom Kleinhirnschenkel einstrahlenden Fasern* zu verpflanzen. Bei jeder nicht ganz symmetrischen Verletzung leidet daher die Fixirung der

Wirbelsäule dauernd oder vorübergehend und ihr Schwanken bedingt den unregelmässigen Gang.

Jede *symmetrische* Verletzung aber lähmt die Wirbelsäule zu beiden Seiten gleichmässig, bedingt daher bei den Bewegungen keinen seitlichen Zug und schwächt dieselben nur ganz auf die Weise, wie nach den Versuchen von *Magendie* eine genau gleich hohe Durchschneidung der beiden Kleinhirnschenkel.

Wie wichtig die Fixation der Wirbelsäule selbst bei Vögeln für das Zustandekommen der regelmässigen Bewegungen und des Fluges ist, habe ich in späteren Versuchen (1847) bewiesen. Sogar die Lähmung des hinteren Dorsalmarkes macht bei Tauben meistens (ich sah davon nur eine einzige Ausnahme) das Fliegen höchst unvollkommen und unregelmässig, wenn auch die Bewegungen der Flügel dabei gar nicht beschränkt sind. Es fehlt nicht nur die Regulation durch die Schwanzfedern, sondern auch die Aequilibrirung.

Ueber die Function des eigentlichen Kleinhirns geben uns also die Versuche von *Flourens* gar keine Auskunft.

Mehrere Experimentatoren haben nach Verletzungen des kleinen Gehirns Rückwärtsgehen der Thiere beobachtet und wollen hieraus mit mehr oder weniger Bestimmtheit etwas über dessen Function erschliessen. Das Factum zeigt sich manchmal, lässt aber, wie mich sorgfältige Versuche überzeugt haben, durchaus keinen Schluss zu, sondern ist von zweierlei Nebenverhältnissen abhängig. Zuerst muss ich bemerken, dass man nie ein eigentliches regelmässiges Rückwärtsgehen sieht, sondern mehrere unregelmässige Stösse nach hinten, die dem Körper durch die starr nach vorn ausgestreckten Vorderpfoten ertheilt werden. Die Stellung des Kopfes ist dabei stets verändert, aber verschieden. Er hängt entweder nach vorn über oder ist starr nach hinten gezogen. Ein Rückwärtsstossen des Körpers mit nach vorn überhängendem Kopf wird bei Kaninchen und Meerschweinchen, besonders leicht und auffallend bei letzteren, selten bei Katzen, beobachtet, denen man das kleine Gehirn vor der Verletzung auf irgend eine Weise von hinten her entblösst hat.

Aber schon die hierbei ausgeführte Durchschneidung der Nackenmuskeln kann, sogar vor aller Blosslegung der Nervencentra, während der unregelmässigen Bewegungen die sie hervorruft (vergl. oben pag. 109) zu einem Ausstrecken der Vorderpfoten und zu einzelnen Stössen nach rückwärts führen. Dies kann Jeder leicht an Meerschweinchen bestätigen, und intensiver oder andauernder als nach der genannten einfachen Operation sieht man die Stösse auch nach Verletzung des kleinen Gehirns nicht.

Die Verwundung des kleinen Gehirns ohne Blosslegung desselben, wie sie mehrfach von *Magendie* geübt wurde, hat mir bei der Wiederholung eine andere Fehlerquelle aufgedeckt, die in gewisser Beziehung auch ein pathologisches Interesse bietet. Es entsteht hier eine Blutung, welche einen anfangs reizenden Druck auf das Mittelhirn ausübt. Zuerst verfallen beide Kleinhirnschenkel ihrer Einwirkung. Die schiefe Rotation, die sie einzeln der Halswirbelsäule ertheilen, kann in einen seitlichen und in einem schief nach oben wirkenden Zug aufgelöst gedacht werden. Bei gleichzeitiger Reizung beider wird nun der seitliche Zug von beiden Seiten compensirt und der nach hinten wirkt beiderseits vereint auf den Kopf, die Nackenmuskeln ziehen sich zusammen und der Kopf wird nach hinten geworfen. Nicht selten sieht man erst die volle einseitige Wirkung und dann später die compensirte doppelseitige. Nun erst tritt die Wirkung auf die Füsse ein und diese kann eine mannichfaltige sein, die Hinterfüsse gerathen zuerst in Convulsionen, die das Thier umherwerfen und werden dann gewöhnlich ihrer ganzen Länge nach an der Seite des Bauches anliegend nach vorn gestreckt, sie unterstützen den gerade nach unten gesunkenen Hinterkörper nicht mehr, wodurch der Schwerpunkt des Thieres noch mehr nach hinten gerückt wird. Die Vorderfüsse stossen nun oft, aber nicht immer nach vorn und rücken so das Thier eine Strecke weit nach hinten. Das Zufällige, das in den letzteren Bewegungen liegt, ist die Ursache, dass alle Experimentatoren angeben, dass sie zwar die Bewegung nach rückwärts gesehen, dass sie dieselbe aber nur in besonders glücklichen Fällen (sic!) erzeugen könnten. Die Verschiebung des

Schwerpunktes nach hinten durch die Zurückwerfung des Halses mag wohl auch, wie *Magendie* sah, Vögel rückwärts treiben, die noch zu fliegen versuchen. Stets wenn ich solche Symptome bei Säugethieren beobachtete, war Blutung in dem oberen Theil des vierten Ventrikels vorhanden und es ist mir einige Male gelungen, wenn schon Krampf der Extremitäten vorhanden war, durch rasche Eröffnung der Atlanto-occipitalmembran und Herausziehen einiger Blutgerinnsel aus dem vierten Ventrikel den Krampf aufzuheben und die Bewegungen wieder herzustellen.

Rückwärtswerfen des Kopfes ist aber beim Menschen sehr häufig bei Blutergüssen in der Gegend des Kleinhirns beobachtet und von einigen Aerzten als pathognomonisches Kennzeichen der Apoplexie des Cerebellum bezeichnet worden. Auch *Longet* ist der Ansicht, dass das Rückwärtsgehen nach Verletzung des Kleinhirns nur eine *zufällig* eintretende seltenere Form der unregelmässig gewordenen Bewegungen sei.

Es ist eine durch die Pathologie, trotz der Zustimmung der Phrenologen, festgestellte Thatsache, dass Desorganisationen, Blutungen oder Verwundungen in der Gegend des kleinen Gehirns oft von Erectionen und Erregungen im Gebiete der Genitalien begleitet waren. Aber wie *Longet* nach einer eingehenden Kritik richtig bemerkt, ist es viel wahrscheinlicher, dass nicht das Kleinhirn selbst, sondern das darunter gelegene verlängerte Mark der Träger dieser Erregung war. Wir werden uns mit dem auch experimentell nachgewiesenen Einfluss des verlängerten Marks auf die Geschlechtsfunction bei der Besprechung des Nerveneinflusses auf dieselbe im zweiten Bande zu beschäftigen haben und dort auf die für die Wirkung des Kleinhirns auf die Genitalien vorgebrachten Thatsachen zurückkommen.

Die Functionen des kleinen Gehirns sind also noch unbekannt.

C. Das Vierhügelsystem.

Dieses System, welches die Gebilde umfasst, welche die Sylvi'sche Wasserleitung umgeben, sitzt dem Hirnschenkel, zum Theil auch dem Pons auf und besteht bei Säugethieren aus den beiden Vierhügeln und einem Theile der Hauben, dem hinter ihnen gelegenen Querstreifen (Velum medullare anterius), einer Fortsetzung nach hinten und oben gegen das kleine Gehirn, die einen Theil der sogenannten crura cerebelli ad corpora quadrigemina und wahrscheinlich auch den vorderen äusseren Kantenstreifen der mittleren Kleinhirnschenkel einnimmt, und endlich einer Fortsetzung nach vorn und unten, die sich nach innen und unten von dem Sehhügel hinzieht.

Trotz mancher gegentheiliger Behauptungen ist es sicher, dass dieses System keinen Einfluss auf die allgemeinen Körperbewegungen ausübt. Die Versuche, auf welche einige Forscher sich stützten, und die den Einfluss der Vierhügel auf die Coordination der Extremitätenmuskeln beweisen sollten, haben, wie schon *Longet* richtig andeutet, die unterliegenden Hirnschenkel mit beeinträchtigt. Dasselbe gilt nach meinen Erfahrungen von den Versuchen, aus welchen man einen Einfluss der Vierhügel auf die Bewegungen anderer Theile, z. B. mancher Eingeweide erschliessen wollte.

Hingegen steht es, wie *Gall* und *Tiedemann* vermutheten, und zuerst *Flourens* durch Versuche bewiesen hat, die später von *Magendie*, *Longet* und *mir* bestätigt wurden, fest, dass dieses System der Centraltheil des Gesichtssinnes ist. Die früheren Versuche, welche einen Einfluss des Sehhügels auf diesen Sinn beweisen sollten, hat zuerst *Valentin* auf ihren wahren Werth zurückgeführt.

Flourens hat wahrscheinlich gemacht, dass auch die Bewegungen der Iris unter der Herrschaft dieses Systems stehen und nach meinen Versuchen *scheint* es auch nicht nur die meisten Bewegungen des Aug-

apfels zu reguliren, sondern auch durch Fortsätze die Harmonie zu vermitteln, welche zwischen Gesichtseindrücken und den Bewegungen der Augenlider besteht.

Alle diese Versuche über den motorischen Einfluss dieses Systems leiden an einem doppelten Uebelstand, da man einerseits kaum klar werden kann, welche Einwirkung der Versuche direct und welche auf dem Wege des Reflexes zu Stande kommen und man andererseits in der Nähe der Nervenwurzelkerne operirt und eine Betheiligung des Letzteren gar nicht auszuschliessen ist. Meine eigene Versuchsreihe über dieses System ist noch sehr unvollständig und ich werde die Resultate derselben, die mir vorläufig constatirt erscheinen, kurz hier resumiren, mehr um andere Forscher auf dieses Gebiet hinzuweisen, als um feste Sätze aufzustellen. Dabei war es unvermeidlich hier, wie wir es für die anderen Abtheilungen gethan, die zweideutigen Ergebnisse der Reizversuche von den wenigen Resultaten der Durchschneidung zu sondern.

1) Die Vierhügel, die anatomisch den Ursprung des Nervus opticus darstellen, sind die Heerde der sensuellen Empfindlichkeit desselben.

a) Zerstört man sie auf einer Seite, so erblindet, wie *Flourens* gezeigt hat, das Auge der anderen Seite, sie wirken also gekreuzt. Dies gilt für Säugethiere und Vögel.

b) Zerstört man die Sehkraft eines Auges, so atrophirt später nach *Magendie* der Vierhügel der anderen Seite.

Nach *Desmoulins* ist ihre Wirkung bei Fröschen nicht gekreuzt, sondern direct.

Die Erblindung bei Säugethieren habe ich nachzuweisen gesucht, indem ich entweder das Auge der verletzten Seite zerstörte, oder indem ich Lichtstrahlen durch eine Linse in das erblindete Auge fallen liess und dabei Unbeweglichkeit der Iris des anderen Auges bemerkte.

2) Bei Säugethieren scheint der *vordere* Vierhügel dem Sehen aber nicht den Bewegungen der Iris und des Auges vorzustehen.

Trug ich die *Erhabenheit* des vorderen Vierhügels ab, so war das Thier augenscheinlich blind, wenn ich auch das Auge der entsprechenden Seite zerstörte. Die Beweglichkeit des erblindeten Auges war aber erhalten:

a) in der Iris bei Erregung des anderen Auges durch eine Linse,

b) im Augapfel. *Gräfe* hat im ersten Bande seines Archivs für Ophthalmologie eine Methode mitgetheilt, bei Kaninchen die Axendrehung des Auges zu erkennen. Man befestigt das Thier auf der Längsaxe eines Brettes, das um seine Queraxe drehbar ist. Eine quer in die Cornea und durch die vordere Augenkammer eingestochene Nadel, deren Stellung zu einer anderen am Knochen fixirten durch einen Quadranten abgelesen wird, verändert bei Axendrehung des Brettes ihre Richtung auf die Art, dass daraus eine Axendrehung des Auges erschlossen werden kann. Dieser Versuch gab mir analoge Resultate nach Abtragung der Erhabenheit des vorderen Vierhügels der anderen Seite.

3) Reizung der vorderen Vierhügel oder der analogen Zweihügel bei Vögeln scheint subjective Gesichtseindrücke heftiger Art hervorzurufen.

Wenn man tief in die Vierhügel einschneidet, scheinen die Thiere erschreckt, sie fahren zusammen und fliehen dann sehr rasch in einer nach der Seite der Verletzung gebogenen Linie, dabei bewegen sich beide Iris und oft das Auge heftig. Man hat dies als Schmerzempfindlichkeit gedeutet, aber bei Kaninchen ist die ganze Physiognomie dieser raschen Bewegungen so, dass der geübte Experimentator etwas characteristisches, was sie von Fluchtbewegungen in Folge schmerzhafter Eindrücke unterscheidet, nicht verkennen kann. Die Thiere schreien nie,

wenn man sie nicht festhält, aber fliehen viel anhaltender, als nach Verletzung des Trigeminus. Ihre Bewegungen mindern sich nicht so nach den ersten Sprüngen wie nach Schmerzempfindungen. Ich gestehe zu, dass alle diese Angaben nur einen ganz subjectiven Werth haben, aber sie begründen bei mir die Ansicht, dass man hier nicht Schmerz, sondern Schreck in Folge einer anderen Ursache vor sich hat. Bei Vögeln vermochte ich keinen Unterschied zwischen heftiger sensibler Reizung und derjenigen der Corpora bigemina zu erkennen.

4) Reizung der Vierhügel bewirkt, wie *Longet* und *Flourens* gezeigt haben, Bewegung in beiden Iris. Auch Reizung der hinteren Vierhügel hatte in meinen Versuchen diesen Erfolg.

5) Reizung der hintersten Partie des vorderen und Reizung des hinteren Vierhügels bewirkte in meinen Versuchen Bewegung der Iris beider Augen, besonders des *entgegengesetzten* und der Augapfel des letzteren wurde in der Orbita hin- und hergeworfen. Hier fragt es sich, haben wir directe oder Reflexbewegung durch subjectiven Lichteindruck?

6) Nimmt man die hintere Partie einer Vierhügelhälfte weg, so ist das Auge der entgegengesetzten Seite noch für (starkes) Licht empfindlich, wie die Irisschwankungen im entsprechenden Auge beweisen. Aber seine Bewegungen scheinen aufgehoben, denn die Iris im gekreuzt afficirten Auge bleibt ruhig, der Augapfel selbst steht etwas nach aussen gerichtet, ist aber hier nicht ganz fest gebannt, sondern zeigt häufig eine wiederholte zuckende vom Reiz nicht abhängige Bewegung. Berührt man die Cornea, so schliesst sich das Auge gehörig, also sind die Bewegungen der Augenlider noch möglich und vom Trigeminus aus erregbar. Aber ein Lichteindruck, stark genug, im anderen Auge Blinzeln hervorzurufen, thut es hier nicht mehr.

7) Schneidet man mit einer Staarnadel oder einem Messerchen von vorn her auf das Velum medullare anterius und den hintersten Theil der Vierhügel so ein, dass man diese Theile desorganisirt, so sieht das Thier offenbar noch. Macht man jetzt den oben erwähnten Gräfe'schen Versuch, so bleiben (ich urtheile freilich nur nach zwei übereinstimmenden Experimenten) die Nadeln in und über dem Auge jetzt in fast ganz gleicher oder in absolut gleicher Richtung, die sogenannte Axendrehung des Auges macht sich nicht mehr geltend.

8) Durchschneidung der vorderen äusseren Kante des pedunculus cerebelli erzeugt Strabismus divergens, nach Art der mittleren Kleinhirnschenkel, aber mehr ausgesprochen in der Deviation des entsprechenden Auges als in der des entgegengesetzten.

9) Durchschneidung des Fortsatzes nach unten und innen vom Sehhügel blendet, wie *Valentin* richtig angibt, das Auge der entgegengesetzten Seite. Die Iris wird dabei vorübergehend bei Kaninchen stark verengt. Man hat hier den Anfang des Tractus opticus getroffen. Auffallend ist, dass dabei das Thier weniger zu erschrecken und zusammenzufahren scheint, als bei tiefer Verwundung der Erhabenheit des vordern Vierhügels.

Ich möchte vorläufig aus diesen Angaben noch keine Schlüsse ziehen. Aber es ist nicht unwahrscheinlich, dass die vorderen Theile des Vierhügelsystems mehr der sensuellen Empfindung, die hinteren Theile mehr der Association der Bewegungen des Auges dienen. Ich könnte noch manche specielle Bemerkung mittheilen, aber sollen solche auf einzelne Beobachtungen gegründete Apperçus wissenschaftlichen Werth und Bedeutung erlangen, so müssen die Versuche jedenfalls noch vielmehr wiederholt geprüft, und variirt werden, wozu ich besonders Meerschweinchen empfehle.

Longet bemerkt mit Recht, dass die Vierhügel wahrscheinlich noch andere wichtige Functionen haben, als die welche mit dem Sehen verknüpft sind, weil sie (oder ihre anatomischen Analoga) auch bei solchen Thieren entwickelt gefunden werden, deren Augen verkümmert sind.

Ich habe mich überzeugt, dass die Centra, welche die sogenannte Axendrehung des Auges der Säugethiere bewirken, nicht im oberen Theil des Rückenmarks liegen. Sie dauert fort, wenn man die Communication mit dem Rückenmark unterbricht, oder das untere Cervicalganglion ausschneidet.

D. Sensibele und motorische Theile des Gehirns.

Es ist durch pathologische Beobachtungen erwiesen, dass wenigstens beim Menschen alle Empfindungseindrücke, deren das Individuum sich bewusst werden soll zu den Lappen des grossen Gehirns fortgeleitet werden müssen. Bei Thieren gilt höchst wahrscheinlich dasselbe, und wir haben bereits auf einzelne Thatsachen hingewiesen, die uns in den Hirnschenkeln einen Theil dieser Leitungsbahn erkennen lassen, welche die Eindrücke wahrscheinlich durch die Sehhügel und die gestreiften Körper hindurch dem Gehirn überliefert.

Nehmen wir dies als richtig an, so bleiben uns noch zwei Reihen von Fragen in dieser Hinsicht zu beantworten. Wir müssen nämlich untersuchen, ob alle Theile dieser Leitungsbahn selbst Empfindung besitzen, ob und wie sie sensibel sind.

Und wenn auch diese Leiter sensibel sind, wenn sie selbst Schmerzempfindlichkeit besitzen, so fragt es sich noch, was freilich der Versuch an Thieren nicht entscheiden kann, ob sie diese Empfindlichkeit besitzen als Verbreitungsbezirke sensibler Nerven, oder *als Leiter*, d. h. so, dass eine Anregung ihrer Sensibilität Schmerzen erzeugt, nicht oder *nicht nur in ihnen selbst*, sondern in den peripherischen Organen, in den Gliedern, deren Gefühlseindrücke sie zum Sensorium leiten.

1) *Sensibilität im Gehirn.*

Die Hirnlappen, die gestreiften Körper und das kleine Gehirn besitzen, wie alle vorsichtigen Experimentatoren übereinstimmen, durchaus kein Schmerzgefühl.

Hirnlappen und gestreifte Körper besitzen aber auch, so viel ich erkennen konnte, nicht einmal Berührungsgefühl. Man kann, wie viele Forscher mit Recht versichern, diese Theile zerquetschen und zerreissen ohne dass das Thier, wenn man vorsichtig verfährt, irgend kund gibt, dass man etwas an ihm vornimmt.

Auch für den Menschen gelten nach chirurgischen Erfahrungen diese Sätze. Man konnte wenigstens ohne Schmerz grosse Strecken Hirn herausnehmen, selbst aus entzündeten und in Eiterung übergegangenen Partien. Die neulich wieder aufgestellte Behauptung, dass das Gehirn durch Entzündung empfindlich würde, erweist sich somit als falsch.

Die obersten Schichten der Sehhügel verhalten sich wie die Hirnlappen, aber die tieferen Schichten und die Hirnschenkel sind evident gegen mechanische Reize empfindlich. Die Empfindlichkeit erreicht aber auch hier keinen hohen Grad. Die Thiere schrecken zusammen, zittern, athmen rascher, versuchen zum Theil zu fliehen, wenn man sie durchschneidet, aber sie schreien nicht.

Es könnte fraglich erscheinen, ob diese Zeichen eine Empfindung am Ort der Verletzung andeuten. Man konnte vielmehr einwerfen, dass die oben geschilderte Veränderung in der Stellung des Halses und der Extremitäten nach Verletzung der genannten Theile dem Körper einen Stoss ertheilen müsse, den das davon überraschte Thier fühlt, so dass die Reactionen *hierauf* zu beziehen seien. Dies ist nicht statthaft. Denn die Stellung der Extremitäten verändert sich ja nicht tonisch, sondern erst wenn das Thier sich bewegen *will*. Wenn

also auch der supponirte Stoss die Reaction vermehrt, so muss ihm jedesmal der Trieb zur Bewegung vorhergehen. Woher aber dieser Trieb so regelmässig nach den angegebenen Eingriffen, wenn sie das Thier nicht empfindet?

Dem *Pons* wird von allen Forschern eine sehr ausgebildete Schmerzempfindlichkeit zugesprochen. Die Berührung seiner äusseren Fläche oder Einstechen in denselben erzeugt, wie *Magendie* richtig bemerkt, heftige Schmerzen. Von oben her ist er nicht so sensibel, denn man kann, wie *Magendie* sah und ich mehrfach bestätigte, eine Sonde in den Aquaeductus Sylvii tief einführen, ohne dass das Thier darauf reagirt.

Schon *Longet* fragt (l. c. pag. 427), ob der Pons nicht seine so sehr grosse Empfindlichkeit wesentlich den in ihm verbreiteten Wurzelfäden des Nervus trigeminus verdanke, die nothwendig mit ihm gereizt werden. Diese Frage schien damals nicht entschieden werden zu können, seitdem ich aber gezeigt habe, dass wenn man das Ganglion Gasseri von den Wurzeln des genannten Nerven abtrennt, diese nach einigen Tagen ihre Empfindlichkeit verlieren und weit in den Pons hinein *entarten*, war diese Frage in das Bereich der Experimentalphysiologie gezogen.

Bei einigen Kaninchen versuchte ich den Trigeminus zwischen Ganglion und Gehirn zu durchschneiden. Nach 7 bis 8 Tagen legte ich einen Theil der äusseren Fläche des Pons bloss und diejenigen Thiere, bei denen das Experiment nach Wunsch gelungen war, zeigten an der operirten Ponshälfte nur eine sehr zweifelhafte Spur von Empfindung, die vielleicht von Miterregung der anderen Seite herrührte.

Es geht hieraus hervor, dass die Substanz des Pons an und für sich nicht auffallend sensibel ist, obschon man sie nicht geradezu für unempfindlich erklären darf. Der Pons verhält sich also in dieser Beziehung *wesentlich*, wie die Hinterstränge des Rückenmarks.

2) *Excentrische Empfindungen vom Hirn aus.*

Bei der nur schwach ausgesprochenen Reizempfindlichkeit der Hirntheile würde man nicht erwarten, dass krankhafte Zustände derselben heftige excentrische Schmerzen in den peripherischen Körpertheilen hervorrufen könnten. Dennoch existiren zahlreiche Beobachtungen, in denen eine Krankheit der Hirnmasse von heftigen Schmerzen in den Extremitäten begleitet war, oder wo solche im Anfangstadium während der Reizung sich zeigt. Allerdings sind diese Fälle nicht die häufigeren, denn gewöhnlich zeigt sich als excentrisches Sensibilitätssymptom nur Schwere, Taubheit oder Ameisenkriechen, also Modificationen des Berührungsgefühls. Aber auch die Fälle der ersteren Art sind zu oft beobachtet, als dass wir in ihnen, wie beim Rückenmark, nur ein zufälliges Zusammentreffen verschiedener Leiden vermuthen dürften. Es scheinenalso *beim Menschen* die sensibeln Hirntheile ein ausgesprochenere Schmerzgefühl zu haben, wie das ja auch für manche peripherischen sensibeln Theile feststeht.

Jedenfalls aber ist es klar, dass vom Hirn aus excentrische Affectionen des Gemeingefühls erzeugt werden können, dass also die als empfindlich erkannten Theile oder wenigstens einige derselben, nicht blos eigene Sensibilität besitzen, sondern auch *als Leiter* sensibel sind. Wir kennen demnach jetzt in den Centraltheilen unempfindliche und empfindliche Leiter des Schmerzgefühls, unbekannt aber sind uns noch solche, die empfindlich sind, ohne dass ihre Sensibilität durch die in ihnen befindlichen Leitungsbahnen selbst, sondern ausschliesslich durch andere in sie eingehende Nerven vermittelt würde, so dass man sie durch Zerstörung

dieser Nerven unbeschadet ihrer Leitungsfähigkeit unempfindlich *machen* könnte. Vielleicht aber ist der Pons der Kaninchen ein solches Organ.[1])

3) Gibt es motorische Hirntheile?

Dass Reizung der Hirnlappen, der Streifenhügel und des kleinen Gehirns keine Spur von Zuckung in allen freien Körpermuskeln hervorruft, kann ich nach der Angabe vieler Forscher bestätigen. Auch die Eingeweide blieben bei der Reizung dieser Theile ruhig, wenn ich — wie dies bei solchen Versuchen unumgänglich nöthig ist — die Circulation erhalten hatte.

Die Reizung der Bewegungscentra an der Hirnbasis hatte, wie ich dies bereits geschildert, vor den bleibenden Lähmungssymptomen einige, mehrere Secunden anhaltende, den ersteren entgegengesetzte Bewegungen zur Folge, die man unmöglich anders als für einen Ausdruck der angeregten Thätigkeit betrachten kann. Sobald ich z. B. den blossgelegten linken Sehhügel eingeschnitten hatte, sah und fühlte ich den Hals des Thieres nach rechts und seine Vorderfüsse nach links sich kehren, während die dauernde Deviation gerade umgekehrt war. Aber alle diese Theile besitzen auch Empfindung und ihre sensibeln Partien sind nicht wie beim Rückenmark mit Schonung der andern zu entfernen. Es kann also darnach nicht entschieden werden, ob man es hier mit motorischen oder reflectirten Wirkungen zu thun hat.

Pathologische Erfahrungen scheinen allerdings der motorischen Erregbarkeit der Bewegungscentra das Wort zu reden. Denn in einer Reihe von Hirnkrankheiten begegnen wir anhaltenden Contracturen der Glieder, die vermöge ihrer langen gleichmässigen Dauer sich nicht so geradezu als Reflexphänomene auffassen lassen. Aber ein positiver Schluss wäre hieraus sehr voreilig, da wir nicht wissen, wie sich bei solchen weniger gewaltsamen, sehr allmählich einwirkenden pathologischen Reizverhältnissen, die mit unseren künstlichen Erregungen gar nicht zu vergleichen sind, die Reflexe gestalten. Beim Rückenmark, wo wir nach positiven Versuchen die motorische Natur der Bewegungsleiter bestimmt in Abrede stellen können, sehen wir lange dauernde Contractionen, die wir nur als Reflexe deuten dürfen.

Sind die Bewegungscentra nicht motorisch, so muss auch eine Reihe anderer später zu besprechender Bewegungen, die wir nach ihrer Reizung in den Eingeweiden auftreten sehen, ebenfalls als Reflexe aufgefasst werden. Dies sind aber dann, wie die Bewegungen in den Extremitäten, Reflexe auf die Bewegungsbahnen der gereizten Theile selbst, und durchaus nicht, wie dies ohne Grund schon behauptet wurde, Reflexe vom Hirn auf gewisse in den Unterleibsganglien hypothetisch angenommene Bewegungscentra.

E. Unterschied des Menschen- und Säugethiergehirns.

So werthvoll uns in allgemein physiologischer und speciell in neurologischer Beziehung eine genaue Kenntniss des functionellen Verhaltens des Gehirns der Säugethiere oder sogar irgend einer anderen tiefer stehenden Thierklasse wäre, so sehr müssen wir uns hüten, die erlangten, auch noch so sichern, Ergebnisse unmittelbar auf den Menschen zu übertragen. Schon die Thätigkeitsäusserung des menschlichen Gehirns im

[1]) Wenigstens sahen wir alle oder *fast alle* seine Empfindlichkeit nach Durchschneidung des Trigeminus verloren gehen, während das Körpergefühl dennoch ungestört durch seine Substanz hindurchgeleitet wurde.

Ganzen weicht so bedeutend von der des thierischen (wenn auch nur in quantitativer Beziehung) ab, dass wir an einer verschiedenen Organisation beider kaum zweifeln dürfen.

Ohne auf die theilweise bereits ermittelten, an und für sich bisher bedeutungslosen anatomischen Unterschiede einzugehen, wollen wir hier blos prüfen, in wie fern uns die Erfahrung berechtigt, physiologische Unterschiede anzunehmen.

Hier tritt uns sogleich eine Thatsache von höchster Bedeutung entgegen, die bisher durchaus nicht gebührend hervorgehoben wurde, obgleich ich schon vor Jahren die Aufmerksamkeit auf dieselbe gelenkt hatte. *Die Thiere können vom Hirn aus nie, vom Rückenmark aus nicht dauernd hemiplegisch werden.* Beim Menschen hingegen ist vollkommene Hemiplegie d. h. Lähmung der beiden Extremitäten einer Körperhälfte und einer Seite des Gesichtes bei Hirnkrankheiten ein sehr gewöhnliches Symptom.

Alle bei den Thieren beschriebenen Hemiplegien, alle die man durch die verschiedensten Eingriffe auf das Hirn, durch künstliche Apoplexien u. s. w. hervorrufen kann, sind keine vollständigen. Die willkührlichen Bewegungen beider Glieder einer Seite waren nur beschränkt, geschwächt, in gewissen Richtungen gehindert, aber nicht aufgehoben. So viel ich seit 15 Jahren die erfahrensten Thierärzte befragte, keiner derselben hat eine Hemiplegie der Art gesehen, wie sie beim Menschen gewöhnlich vorkommt. Paraplegien aber, d. h. Lähmung *beider* Hinterfüsse *zugleich,* sind bei Thieren häufiger als bei Menschen.

Dies deutet im Verein mit unseren Versuchen darauf hin, dass bei Thieren die motorischen Centra jeder Hirnhälfte sich nicht ausschliesslich nur auf *eine* Körperhälfte, sondern auf *beide* zugleich beziehen. Beim Menschen hingegen scheint jede Hirnhälfte den freien Körpermuskeln nur *einer* Seite vorzustehen.

Ein anderes hiermit im Zusammenhang stehendes Verhältniss bezieht sich auf die Kreuzung der Körpernerven bei ihrem Eintritt ins Hirn.

Eine seit dem frühesten Alterthum in unzähligen Fällen bestätigte Erfahrung, der nur äusserst wenige, vereinzelte constatirte Ausnahmen entgegenstehen, lehrt, dass bei Hirnkrankheiten des Menschen sich die Lähmung und die Anästhesie stets auf der der wahrnehmbar veränderten Gehirnhälfte entgegengesetzten Körperseite befinden, dass also höchst wahrscheinlich eine *vollkommene* Kreuzung stattfindet. Bei Thieren ist die Kreuzung immer *unvollkommen,* wenigstens für die Bewegung.

Die wenigen beim Menschen vorgekommenen Ausnahmen könnten, wenn nicht eine nicht wahrnehmbare Krankheit der anderen Hirnhälfte zugegen war (und wir werden sehen, dass man die meisten, ja fast alle, der eigentlich Lähmung erzeugenden Krankheiten durchaus noch nicht anatomisch erkannt hat) durch eine Rückkreuzung an gewissen Stellen erklären lassen.

Dass eine solche Rückkreuzung vorkommen kann, lehren uns die oben geschilderten Versuche an Thieren. Unter den physiologisch erkennbaren Kreuzungen ist es blos die für die theilweise Bewegung der Hinterfüsse, welche im oberen Theil des verlängerten Marks stattfindet, die im Pons ihr Centrum erreicht, ohne sich zurückzukreuzen. Hingegen sehen wir im mittleren Kleinhirnschenkel eine gekreuzte Wirkung auf die Rotatoren der Wirbelsäule, die sich im kleinen Gehirn wieder zurückkreuzt. Die Seitwärtsbeuger der Wirbelsäule kreuzen sich im unteren Theile des verlängerten Marks, kreuzen sich zurück bei ihrem Eintritt in den Pons. Ein Theil derselben endet in dessen Vordertheil, aber diejenigen Fasern, welche Kopf und Hals seitwärts beugen, verlaufen

durch den Hirnschenkel, um sich beim Eintritt in die Sehhügel zum *dritten* Male zu kreuzen. Hingegen sehen wir die Adductoren eines Vorderfusses, die schon im oberen Rückenmark sich zum Theil exceptionell verhielten, bis zum Sehhügel stets auf derselben Seite bleiben um erst hier eine Decussation einzugehen.

Für die Empfindung wissen wir bei Thieren nichts und wenn auch beim Menschen die Pathologie in dieser Hinsicht keine solche Fülle von Thatsachen bietet, wie für die Bewegung, so haben wir hierfür einen werthvollen Ersatz in einem Experimente, das die meisten Menschen leicht an sich selbst anstellen können.

Drückt man sich am Halse neben dem Kehlkopf die Carotis einer Seite zusammen, so wird, wie schon pag. 108 angegeben, im Vordertheil der entsprechenden Hirnhälfte vorübergehend die Circulation gestört. Man bemerkt nun sogleich anomale Tastsymptome, Ameisenkriechen leichtes Wärmegefühl in den Extremitäten und der Kopfhälfte der *anderen* Seite.

Dieser Versuch beweist 1) dass erregbare Leiter der Empfindungen oder wenigstens des Tastgefühls in das Gehirn eingehen, 2) dass die Leitung hier eine gekreuzte ist.

Dauert der beschriebene Zustand bei anhaltender Compression nur ganz kurze Zeit fort, so wird Abnahme der Schmerz- und Druckempfindlichkeit in den Theilen der entgegengesetzten Körperhälfte beobachtet.

Wir können also jedenfalls nicht annehmen, dass sich beim Menschen wie bei den Säugethieren manche Theile des Gehirns z. B. die Sehhügel, auf gewisse an sich verschiedene aber physiologisch eng verbundene Bewegungen *beider* Vorderglieder beziehen. Der Plan ist hier ein anderer.

Aber welcher? Hierüber auch nur die entfernteste Andeutung zu geben, ist die heutige Pathologie nicht etwa zu arm an Thatsachen, sondern — absolut unvermögend, wenn selbst auch noch Jahrhunderte in derselben Weise fortbeobachtet und gesammelt würde.

Wir kennen nämlich in den pathologisch-anatomischen Daten höchstens ein Indicium, dass eine Hirnhälfte krank ist oder krank war. Den Sitz der eigentlich gelähmten Stelle bezeichnet weder der Bluterguss, noch die angebliche Erweichung, noch die Verhärtung u. s. w., deren physiologischer Einfluss uns ganz entgeht. Ich wiederhole es, selbst bei der Apoplexie ist der Sitz der Krankheit, welche die beobachteten Symptome hervorrief, meistens nicht an der Stelle, wo der Bluterguss nach dem Tode gefunden wird, der vielleicht als Nebenproduct der Erkrankung ganz und gar wirkungslos war.

Der Plan dieses Werkes verbietet es, in die speciellen Beweise für die obigen vielleicht paradoxen Sätze einzugehen. Der Hauptbeweis liegt keineswegs darin, dass bei denselben Symptomen oft die angebliche Erkrankung an ganz verschiedenen Orten gefunden wird, hierüber kann man sich noch mit einer wohlfeilen Hypothese hinweghelfen, sondern darin, dass wenige Fälle existiren, in denen die angebliche Krankheitsursache, wenn sie auch genau dieselbe Stelle einnahm, ganz den gleichen Erfolg hatte, dass die angebliche Wirkung oft *ganz fehlte*, oft in local und qualitativ verschiedenen Wirkungen sich äusserte, dass Hirnstellen, die in chirurgischen Fällen oft ohne alle Störung herausgenommen werden konnten, wenn sie erweichen, den Arm und wenn sie mit Bluterguss zerreissen, den Fuss lähmen und wenn sie verhärten, Schmerzen am Rumpf machen sollen. Wo gibt es eine wirklich genügende Ursache, die so verschiedene Erfolge hätte.

Was ist das für eine Wissenschaft, die behauptet, wie es jetzt nach *Andral* fast alle Pathologen thun, dass wenn eine Krankheit die Hälfte des Kleinhirns einnehme, sie stets Lähmung in der entgegengesetzten Körperhälfte erzeuge, wenn aber eine gewisse an und für sich lähmende Ursache im grossen Gehirn hinzuträte, so würde jene erste Wirkung aufgehoben!

Eine Thatsache, so hört man oft von physiologischen Schriftstellern, aber nicht von vorsichtigen Klinikern behaupten, solle feststehen. Eine Blutung in der Gegend der Seh- und Streifenhügel solle die entgegengesetzte Körperhälfte lähmen, und daher sei den *beiden* genannten Gebilden der grösste Einfluss auf die Bewegung zuzuschreiben. Allerdings, Hemiplegie ist häufig nach sehr vielen noch nicht ermittelten Krankheiten an unbekannten Stellen einer Hirnhälfte, viele dieser Krankheiten sind auch von Bluterguss begleitet und das Blut sammelt sich sehr leicht im Seitenventrikel, weil hier beträchtliche Gefässe sind, die zerreissen können und gehöriger Raum viel Blut aufzunehmen, wenn es aus irgend einer Stelle der Wandung eindringt. Es sammelt sich auch oft im Innern des Seh- und Streifenhügels, aber was beweist dies für die Wichtigkeit der genannten Theile für die Bewegung. Was kann man daraus für die motorische Wirksamkeit des Streifenhügels schliessen, wenn Fälle bekannt sind, in denen ein Bluterguss in denselben oder seine Erweichung auch *ohne* alle Lähmung verlief, andere in denen *nur* ein Fuss, wieder andere in denen *nur* ein Arm gelähmt wurde. Wenn eine angeblich vollständige apoplectische *Zertrümmerung* des Streifenhügels ein Mal *nur* den Fuss, das andere Mal *nur* den Arm gelähmt zeigt, was lässt sich, wenn wir nicht jedes Gesetz in den organischen Bildungen läugnen und damit die Wissenschaft aufgeben wollen, hieraus anderes entnehmen, als dass weder die freie Bewegung des einen noch des anderen Gliedes des Streifenhügels nothwendig bedarf, und dass man die kranke Stelle von denen jede dieser beiden Paralysen wirklich hervorgebracht wurde, nicht zu erkennen im Stande war. Auf der anderen Seite streiten noch heute die Pathologen darüber, ob es wirklich tiefe Erkrankungen — und nicht blos sehr zweideutige Erweichungen — des Sehhügels gibt, bei denen die Bewegung des Armes der entgegengesetzten Seite erhalten sein kann, während dies für die Bewegung der hinteren Extremität ausser Zweifel gesetzt ist.

Es scheint in der That, dass auch beim Menschen tiefe Erkrankungen des Basalhirns bis zum Sehhügel inclusive immer mit Bewegungslähmung verbunden sind. Es ist nach einer Reihe sorgfältiger Beobachtungen sogar möglich, dass die Bewegungen der Halswirbelsäule in Folge von Veränderungen des Gross- oder Kleinhirnschenkels auf analoge Weise wie bei Thieren gelähmt werden.

So schwankend sieht es mit den Ergebnissen der pathologischen Anatomie des Hirns aus, schlimmer noch mit den daraus gezogenen Schlüssen. Und auf dieses Gewirre von Widersprüchen, unverständlichen Sectionsresultaten, voreiligen Deutungen und dunkeln Vermuthungen gestützt, wagt man es, die *genau übereinstimmenden* Erfolge von mehreren hundert an derselben Thierart vorgenommenen gewissenhaft beobachteten Versuchen — nicht etwa nur in ihrer Anwendbarkeit auf den Menschen zu beschränken — sondern geradezu zu *verdächtigen* und ihnen als Erfindungen einer unreifen Erklärungssucht allen Werth und alle Wahrheit abzusprechen!

ANHANG.

Ueber das sogenannte sympathische Nervensystem.

Früher hat man häufig dem „cerebrospinalen“ von Hirn und Rückenmark abhängigen Nervensysteme noch das sogenannte „sympathische“ als ein selbständiges Gebiet entgegengesetzt. Wenn auch diese Ansicht jetzt von der Mehrzahl der Forscher verlassen ist, so finden sich doch noch in den meisten gangbaren Lehrbüchern und besonders in den Schriften practischer Aerzte aus der älteren Schule so viele Nachklänge derselben, dass es noch passend erscheint, als Anhang zur allgemeinen Physiologie der Nervencentra wenigstens jener Hypothese mit einigen Worten zu gedenken.

Eine eingehende Kritik der Thatsachen, auf die man früher die Lehre von der vollständigen oder theilweisen Unabhängigkeit des Sympathicus und der Ganglien stützen zu können glaubte, ist erst dann möglich, wenn wir in der speciellen Physiologie der Ernährungserscheinungen den Einfluss der Nerven und der Centraltheile auf Verdauung, Kreislauf u. s. w. geschildert haben werden. Dann wird sich für jedes einzelne von Gangliennerven versorgte Organ von selbst die Frage stellen, wie weit dasselbe zu seinen Verrichtungen ausser Hirn und Rückenmark noch überhaupt der Nervencentra bedarf, welcher *mögliche* Wirkungskreis dann noch den Ganglien übrig bleibt, und die Lösung dieser Frage wird uns, glaube ich, der Nothwendigkeit meistens überheben, zu entscheiden, wie viel von dieser noch möglichen Thätigkeit den Ganglien *wirklich* zukommt.

Die anatomische Seite der Frage gehört nicht hierher. Die Ganglien werden von Nerven durchsetzt, die vom Hirn und Rückenmark abstammen. Nennen wir sie die *Wurzeln* der Gangliennerven. Diesen Wurzeln können sich allerdings in den Ganglien möglicherweise noch in letzteren selbst entspringende Fäden zugesellen, die Ganglien können ferner wie wir oben pag. 120 gezeigt, die Ernährungscentra der Wurzeln, so wie der von ihnen abgehenden Nerven einschliessen. Alle diese mehr morphologischen Fragen, die nicht hierher gehören, habe ich in Bezug auf die Debatte über die Selbständigkeit des Sympathicus besprochen in der Kritik einer Brochüre von *Küttner*, Prager Vierteljahrschrift 1855 Bd. 47 pag. 17.

Die Gangliennerven können wie die nicht ganglıösen je nach ihren peripherischen und centralen Verbindungen und zum Theil ihrer inneren Natur Bewegung, Empfindung oder den Tonus der Gefässe vermitteln. Dass sie demnach in der *Art* ihrer Verrichtung nichts ausschliesslich eigenthümliches haben, wird auch von vielen Anhängern der älteren Schule schon zugestanden, die nur auf die *Unabhängigkeit* dieser Verrichtungen von Hirn und Rückenmark das Hauptgewicht legen.

Da derjenige Theil der Empfindung, welcher zum Bewusstsein kommt, nothwendig zu den wahren Centren gehende Empfindungsfasern voraussetzt, so war man schon frühe genöthigt, im „Gangliensystem“ zweierlei Arten von sensibeln Fasern anzunehmen, Solche die wirkliche Empfindung vermitteln und die nur als beigemischte betrachtet wurden

und andere eigentlich „gangliosensitive" Fasern, die zu den Ganglien gehen und hier die vermeintliche Reflexthätigkeit derselben anregen sollten.

Wäre eine solche *Reflexthätigkeit* der Ganglien auch nur durch einen *einzigen* fehlerfreien Versuch erwiesen, so müssten wir allerdings sowohl die gangliosensitiven Fasern als die centrale Natur der Ganglien und des Sympathicus gelten lassen.

Ja noch mehr. Wäre nur nachgewiesen, dass in irgend einem von Gangliennerven versorgten Organe nach Entfernung von Hirn- und Rückenmark noch Thätigkeitsäusserungen vorkommen, die so wesentlich von den Erscheinungen in abgetrennten Extremitäten oder anderen freien Muskelorganen abweichen, dass sie nicht durch den besondern Bau und die eigenthümliche Anlage der Muskeln, nicht durch die Fortdauer der Erregbarkeit der abgetrennten Nervenenden erklärt werden könnten, so wäre für die Hypothese der Reflexthätigkeit in den Ganglien oder wie sich Manche lieber ausdrücken, der Querleitung im sympathischen System, schon viel gewonnen. Aber eine genaue Analyse der einzelnen Thatsachen bei den verschiedenen organischen Apparaten wird uns zeigen, dass auch *nicht eine einzige* Thätigkeitsäusserung bekannt ist, die der eben ausgesprochenen Forderung Genüge leistet. Am wenigsten wird das ausgeschnittene Herz, auf dessen fortdauernde Thätigkeit man sich so oft beruft, uns Thatsachen liefern, die bei genauer Betrachtung der Analogie mit andern aus dem Zusammenhang mit den Centren gelösten und unter ähnliche Verhältnisse gebrachten peripherischen Organen widerstreben.

Aber auch ohne reflectirende Eigenschaften zu besitzen, würde der Sympathicus in anderer Weise seine Selbständigkeit dadurch wahren können, dass irgend eine physiologische Thätigkeit eines Organs oder Apparates die nach dessen Abtrennung von Hirn und Rückenmark bei fortdauerndem Zusammenhang mit den Ganglien vorhanden ist, durch Wegnahme der Ganglien wesentlich verändert oder vernichtet würde; mit anderen Worten, wenn der Gangliennerv irgend Eigenschaften besässe, die ihm qualitativ oder quantitativ nicht von den Wurzeln zugeleitet würden. Es kann hier natürlich nicht von denjenigen physiologischen Eigenschaften die Rede sein, die jedem Nerven unabhängig von seinen Wurzeln zukommen.

In dieser Beziehung hat nun die Doctrin von der Selbständigkeit der Ganglien mehrere Phasen durchgemacht. Die Doctrinäre trugen ihre Theorie aus einem demolirten Stockwerk ins andere, bis sie zuletzt nicht mehr weiter konnten.

Die Bewegungen im Gebiete des „sympathischen Nerven" zu denen man nicht nur die des Darmes und der Beckeneingeweide, sondern fälschlich auch die des Magens und des Herzens rechnete, wurden anfangs als ganz unabhängig von Hirn und Rückenmark betrachtet. Als aber zuerst *Valentin*, sodann *Budge* und *ich* nachgewiesen hatten, dass man durch Reizung des Rückenmarks der Medulla oblongata und des Basalhirnes Bewegungen in den vom sogenannten Sympathicus versorgten Organen auslösen könne, gestattete man einen gewissen Einfluss der Centra auf die Ganglien, den man nach subjectivem Gutdünken theoretisch verschieden formulirte. Man gründete einen Unterschied gegen die gewöhnlichen Reizbewegungen darauf, dass nicht *jeder* Versuch am Hirn zu jeder Zeit die fraglichen Bewegungen hervorrufen könne. Diese Differenz konnte nicht mehr als gültig anerkannt werden, nachdem ich, sogar im Einklang mit einigen älteren Versuchen von *Bichat*, eines der

Schöpfer der Lehre von den sympathischen Centren, gezeigt hatte, dass auch Reizung der zu jenen Organen gehenden Gangliennerven selbst die Bewegung nur in geeigneten Momenten, und durchaus nicht *immer* hervorrufe, dass also das scheinbar inconstante der Resultate nicht durch die Einschiebung der Ganglien zwischen Reizstelle und Muskel bedingt sei. Ja ich fand, dass in *demselben* Momente, in dem die Wurzel des ramus communicans am Rückenmark keine Bewegung bewirkt, es auch das sympathische Ganglion (z. B. das Ganglion coeliacum) nicht thut. Es wurde durch den Versuch ferner ermittelt, dass wenn Bewegung erzeugt wird, dies nicht energischer von den Gangliennerven als von den Wurzeln aus geschieht. War die Berufung auf die Reizversuche verfehlt, so verwarf man jetzt diese völlig, als zur Entscheidung der Frage untauglich und gab vor, die Entfernung von Hirn und Rückenmark bewirke in den Eingeweiden keine *Lähmung* und lasse Bewegungen bestehen, die von Nervencentren abhängen müssten. Den Beweis für diesen Satz hat man aber nie geliefert, ja man hat kaum daran gedacht, dass er eines Beweises bedürfe. Indessen werden die Bewegungen, die nach Zerstörung des Rückenmarks noch übrig sind, durch Exstirpation des sympathischen Gränzstranges auch nicht im Geringsten beschränkt und sie sind überhaupt keine solchen, die nach dem im Capitel über die motorischen Nerven entwickelten Sätzen überhaupt eines Centrums bedürfen. Im Gegentheil muss man sich wundern, nicht dass die Bewegungen *fortdauern*, sondern dass manche nach Entfernung der Centra unerklärlicherweise so bald geschwächt werden. Dem sogenannten Sympathicus kommt also, so viel bisher ermittelt, kein Bewegungseinfluss zu, der nicht qualitativ und quantitativ schon von seinen Wurzeln aus dem Mark zugeleitet würde. Auch der Umstand, dass viele Eingeweide sich erst nach dem Tode des Markes lebhafter bewegen, ist bereits oben erklärt und findet sein Analogon in dem Verhalten vieler freier Muskeln.

In Betreff der Bewegung ist ein Umstand hervorzuheben, der im Allgemeinen vom sogenannten Sympathicus gilt. Wenn er auch alle seine Bewegungseinflüsse nur den Verbindungszweigen mit dem Rückenmark verdankt, so bewegen doch alle in ein bestimmtes Ganglion des Gränzstranges eingehenden Wurzeln nicht genau *dieselben* Stellen, wie die austretenden Nerven, sondern oft höher oder tiefer gelegene. Die hier fehlende Bewegung wird aber von Wurzeln ausgelöst, die an einer anderen Stelle eintreten. Dies kommt daher, dass nicht alle eintretenden rami communicantes aus dem als Gränzstrang bezeichneten Spinalnervenplexus sogleich wieder austreten, sondern in ihm erst eine Strecke nach unten, seltener nach oben verlaufen. Dieses Verhältniss ist zuerst von *Valentin* gefunden und von ihm als Fortschrittsgesetz des Sympathicus bezeichnet worden. Später habe ich dies für die Gefässnerven bestätigt und in neuester Zeit wird es auch von *Bernard* anerkannt.

Waren die eigentlichen Muskelbewegungen zur Aufrechthaltung eines selbständigen Sympathicus ungenügend, so flüchtete man um so lieber zu einer alten, scheinbar durch neuere Versuche wieder gestützten Ansicht, dass der Sympathicus unabhängig von Hirn und Rückenmark, ja sogar in einem gewissen Gegensatz zu denselben, der Erhalter des Tonus der Gefässe, der „*vasomotorius*“ sei, und so mittelbar die Ernährungserscheinungen regele. Aber die Enttäuschung liess nicht lange auf sich warten. Es wurde gezeigt, dass nicht nur alle Einwirkungen, welche sympathische Fäden auf gewisse Gefässprovinzen wirklich besitzen, ihnen durch die Wurzelfäden aus den Centren übertragen werden, dass Lähmung der Wurzeln, ja des Rückenmarks selbst über ihrer Ab-

gangsstelle, bis in die einzelsten Details *dieselbe* Wirkung hat, wie die Durchschneidung jener sympathischen Fäden, dass die Erfolge ihrer Reizung mit derjenigen der Wurzeln identisch sind, sondern eine grosse Versuchsreihe wies auch nach, dass nicht einmal *darin* eine Eigenthümlichkeit des Sympathicus bestehe, dass das Mark *alle* Gefässnerven durch ihn hindurchschicke. Im Gegentheil ist es jetzt sicher, dass viel mehr Gefässnerven von den Cerebrospinalnerven *direct* ausgehen, als den Sympathicus durchsetzen. Ja noch mehr, es ist ein merkwürdiger Umstand, gleichsam ein Hohn gegen die Würde des aufs neue proclamirten Vasomotorius, dass gerade die Gefässnerven der Unterleibsorgane, der eigentlichen Domäne des unglücklichen Prätendenten, wie bereits oben erwähnt, am weitesten bis ins Hirn eindringen und erst grösstentheils in den Sehhügeln ihr centrales Ende erreichen.

Abgesehen aber von der Frage nach der *Selbständigkeit* der Ganglien könnte die Verfolgung des vasomotorischen Nerveneinflusses vielleicht über die noch unbekannte *Function* derselben einige Aufschlüsse geben. Wir werden sehen, dass es unter den vielen Organen, in deren Substanz mikroskopische Ganglien vorkommen, einige gibt, deren Gefässe sich nur dann allgemein erweitern, wenn man *mehrere* der zu ihnen gehenden Hirnnerven durchschnitten hat. Trennt man jeden dieser Nerven einzeln, so entsteht keine proportionale Gefässerweiterung. Es wäre also *möglich*, dass die mikroskopischen Ganglien, zu welchen nachweisbar Fäden von jedem der eintretenden Nerven gelangen und von denen die Gefässnerven ausgehen, bei Lähmung *eines* Hirnnerven noch den Einfluss des anderen auf *alle* oder die *meisten* der von ihnen abtretenden Gefässnerven vermittelten. Dies wäre dann allerdings eine Art Querleitung, wie wir sie auch in der kinesodischen Substanz des Rückenmarks kennen, aber es wäre kein *Reflex*. Es wäre insofern das Gegentheil von Unabhängigkeit der Gangliennerven, als der Nervenknoten hier eine *Abhängigkeit* seiner Ausstrahlungen von *mehreren* Punkten des Hirns begründete. Die Verbindung des Ganglions mit jedem einzelnen dieser Punkte kann unterbrochen werden ohne sichtbare Lähmung zu erzeugen, aber durchaus nicht die Verbindung mit allen zugleich. Solche Verhältnisse sind an der Zunge und der Lunge beobachtet. An der Zunge ist die Sache noch um so interessanter, als im Niveau der hier befindlichen Ganglien nachweisbar keine nutritiven Centralpunkte für die ein- oder austretenden Nerven vorhanden sind.

War mithin auf dem Wege der directen Beobachtung auch nicht der Schatten eines Beweises für die Autonomie des Gangliensystems zu erlangen, war es auch Schritt für Schritt nachgewiesen worden, dass jede einzelne sichtbare Thätigkeit der verschiedenen Provinzen des Sympathicus genau von dessen cerebrospinalen Wurzeln gedeckt wird, so sehen wir jetzt einige Schriftsteller einen anderen Weg einschlagen. Sie zählen eine Reihe von organischen Vorgängen auf, welche zugestandenermaassen von Hirn- und Rückenmark und ihren Ausläufern *nicht* direct influirt werden, und *behaupten*, dass diese Vorgänge dennoch nicht ohne die Vermittlung des Nervensystems gedacht werden könnten, folglich speciell dem Gangliensystem übertragen sein müssten. Ehe noch irgend ein Beweis für die Richtigkeit dieses, jedenfalls nicht unantastbaren Schlusses verlangt werden kann, ist aber die Vorfrage zu beantworten, ob jene Vorgänge, für welche man hier die Mithülfe der Nerven postulirt, wirklich überhaupt der Nerven bedürfen; und eine unbefangene Prüfung wird kaum über die zu gebende Antwort in Zweifel sein. Wesentlich ist es die *Ernährung* der organischen Theile, die, nach der eben angeführten Ansicht, unabhängig von der durch cerebrospinale Nerven geregelten Blutvertheilung, noch besondere Nerven in Anspruch nehmen soll. Diese Hypothese, setzt voraus

a) dass man die Ernährung der Pflanzen, die mit der thierischen so sehr übereinstimmt, entweder als von der letzteren ganz verschieden betrachte, oder dass man auch den Pflanzen ein noch unentdecktes sympathisches Nervensystem zuschreibe.

b) dass man die Ernährung, wenn das Material zu derselben durch die Blutgefässe genügend herbeigeschafft ist, nicht als chemisch-physikalischen Act betrachte, oder den Ganglienнerven die Befugniss gebe, einen chemischen Process, dessen Bedingungsglieder vorhanden sind, zu erlauben und zu verbieten.

c) dass man vollkommen atrophirten Ganglienнerven noch Reizempfänglichkeit zuschreibe, da man die Ernährung eines Organes, dessen Ganglienнerven alle durchschnitten und entartet sind, noch durch Reize verändern kann, oder dass man nur die normale Ernährung und nicht die krankhafte von den Nerven abhängig mache. Es ist überflüssig, wäre aber nicht schwer, noch eine Menge anderer ähnlicher Sätze aufzustellen, zwischen denen die Vertheidiger der zuletzt angeführten Theorie zu wählen hätten, wenn sie darauf beharren wollten, auch die Entstehung der thierischen Wärme, den Mechanismus der Athmung noch von anderen Nerven beherrschen zu lassen, als denen, deren regulirender Einfluss indirect auf *erkennbare* Art sich geltend macht und die nachweisbar alle aus Hirn und Rückenmark abstammen. Es genügt, den letzten ohnmächtigen Versuch dieser Schule dadurch zu characterisiren, dass er den selbständigen Sympathicus überall da noch zur Geltung bringen will, wo *kein* Nerveneinfluss nachzuweisen ist, wo er also vorläufig wenigstens vor der Einmischung des Hirns und des Rückenmarks sicher ist, die ihn aus allen anderen Gebieten vertrieben haben. Ist doch noch in den letzten Jahren in Frankreich ein zweibändiges Lehrbuch der Physiologie erschienen, das alle thierischen Thätigkeiten in cerebrospinale und sympathische eintheilt. In dem einen Bande figurirt als cerebrospinale Thätigkeit die ganze Nerven- und Muskelphysiologie, während alle übrigen Functionen im anderen Band als sympathische abgehandelt werden. Selbst die auflösende Wirkung des Magensaftes, die ausserhalb des Körpers in unseren Reagenzgläsern fortdauert, muss hier als ursprünglich vom Sympathicus bedingte Thätigkeit auftreten. Derselbe Sympathicus soll auch der regelrechten Ernährung der Magenwände vorstehen. Wenn also bei einem kräftigen Verbrecher, der vor der Enthauptung eine reichliche Mahlzeit genossen, der Magen, wie dies so oft vorkommt, nach dem Tode sich selber verdaut, so wäre dies von Seiten des Sympathicus wohl nichts anderes, als der Selbstmord kopfloser Verzweiflung!

Gewiss sind uns noch viele Eigenschaften der Nerven gänzlich unbekannt, und es ist möglich, dass die einstige Entdeckung derselben ein Mittel an die Hand gibt, qualitative oder quantitative Unterschiede der gangliösen und nicht gangliösen Stränge auch *physiologisch* nachzuweisen, oder irgend eine Uebereinstimmung in der Thätigkeit der Ganglien und der Centralorgane hervorzuheben. Bis dies aber geschehen kann, sollte man aufhören, den Sympathicus als eine besondere Abtheilung des Nervensystems zu betrachten und in ihm nur einen grossen Plexus von einzelnen Nerven verschiedenen Ursprungs erkennen, die durch die eingestreuten Ganglien eben so wenig aufhören, *Rückenmarksnerven* zu sein, wie auch nach der gewöhnlichen Auffassung die Ganglien des Quintus den von ihnen ausgehenden Aesten ihren Charakter als Hirnnerven benehmen.

Ein Grund, warum man in früherer Zeit häufig den Organen, deren Nerven die Brust- und Bauchganglien durchsetzen, ein besonderes unabhängiges Nervensystem vindicirt hat, lag darin, dass einerseits die Empfindungen, welche uns jene Organe zusenden, bei gewöhnlicher Erregung so stumpf und undeutlich sind, dass man ihre Empfindlichkeit hie und da ganz geläugnet hat, andererseits darin, dass ihre Bewegungen nicht von unseren Vorstellungen regulirt werden. Man hat jetzt mit Recht diese Auffassungsweise grösstentheils aufgegeben.

Stumpfheit der Empfindung kommt auch vielen von anderen Nerven versorgten Theilen zu und hier wie dort kann bei stärkeren krankhaften Reizen die Empfindung eine ungewöhnliche Lebhaftigkeit erlangen. Dass in verborgenen der Controle unserer anderen Sinne entzogenen Theilen die Empfindung nicht scharf localisirt ist, darf durchaus nicht auffallen und kann noch weniger als eine Eigenthümlichkeit der Gefühlsnerven gelten. Die Pathologie weist durch die Beobachtung der Mitempfindungen darauf hin, dass wahrscheinlich die meisten Empfindungsnerven der Eingeweide in den tieferen Theilen des Markes enden, und nur sehr wenige Repräsentanten zum Grosshirn schicken.

Ueberall wo eine Bewegung wegen Verborgenheit des Organes, an dem sie ausgeführt wird, wegen Stumpfheit des Gefühles in demselben und in seiner Umgebung, ihren Effect der Controle mehrerer Sinne verhüllt, wird das Bild dieser Bewegung sich auf keine Weise unsern übrigen Vorstellungen associiren, sie wird also nicht eine sogenannte willkührliche werden können. Es ist damit noch gar nicht gesagt, dass die Vorstellungen nicht dennoch einen gewissen Einfluss auf diese Bewegungen haben, wir können es aber nicht wissen, weil wir die auf manche Vorstellungen vielleicht regelmässig erfolgenden Bewegungen weder sehen noch fühlen, und so erscheinen sie uns unwillkührlich, weil wir keine Gelegenheit haben zu erlernen, sie voraus in Rechnung zu bringen (vergl. oben pag. 217). Ein Beispiel dieser Art ist die Bewegung des Gaumensegels, von dessen „Willkührlichkeit“ wir so lange gar keine Idee haben, bis uns die Erfahrung am Spiegel gelehrt hat, dass gewisse dumpfe Gefühle in dieser Gegend einer bestimmten Bewegung entsprechen. So ist eigentlich für die Mehrzahl der Menschen die Bewegung jedes *einzelnen* Muskels unwillkührlich und nur die der gewöhnlichen sinnlichen Vorstellung zugänglichere Bewegung der Gelenke oder der Haut ist eine willkührliche.

VIERTER ABSCHNITT.

Eigenschaften einzelner Hirnnerven.

In diesem Abschnitt darf ich um so kürzer sein, als die wissenschaftlich wichtigen Thatsachen, welche die specielle Physiologie der Hirnnerven bietet, ihre ausführlichere Besprechung da finden müssen, wo sie als Beweise und Belege für allgemeinere Sätze erscheinend, durch eine principiell gehaltene Erörterung ein grösseres Interesse gewähren. So wird der Einfluss der einzelnen Hirnnerven auf den Herzschlag, auf die Circulation und die von ihr bedingten Wärme- und Ernährungserscheinungen, auf die Verdauungsbewegungen hier nur kurz berührt werden können und erst an geeigneteren Orten seine zusammenhängendere Darstellung finden. Nur die Nerven der Sinnesorgane mussten hier in Rücksicht auf den allgemeinen Plan des Cyclus, welchem dies Buch angehört, ausführlicher behandelt werden. Ein grosser Theil des Materials aber, welches die Versuche über die einzelnen Hirnnerven zu Tage fördert, gehört eher in das Gebiet der topographischen Anatomie, wo es seiner grossen practischen Wichtigkeit wegen besonders ausführlich besprochen wird.

Erst während der Ausarbeitung sind mir *Bernard*'s Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux, Paris 1858, 2 Bde., zugekommen, deren zweiter Theil viele Notizen über einzelne Hirnnerven enthält. Ich werde dieselben, so gut es angeht, noch benutzen; sollte mir aber Manches aus diesem Werke entgangen sein, so werde ich es, insofern es nöthig erscheint, bei späterer Gelegenheit nachtragen.

I. Nervus olfactorius.

Dieser Nerv wurde seit langer Zeit als Vermittler des Geruchsinnes bezeichnet, da aber ausser der anatomischen Analogie jeder eigentliche Beweis fehlte, so wurde diese Ansicht von *Magendie* consequenter Weise in Zweifel gezogen. Die anatomische Analogie selbst hat in neuerer Zeit durch

das mikroskopisch von allen anderen Nerven abweichende Verhalten der sogenannten Aeste des Olfactorius einen schweren Stoss erlitten.

Die Forschung geräth hier auf bedeutende und ungewöhnliche Schwierigkeiten. Was zuerst die Versuche betrifft, so sind sie an erwachsenen Säugethieren meist dadurch unsicher, dass nach der eingreifenden Operation der Zerstörung der bulbi olfactorii, bei welcher der Schädel geöffnet und die vorderen Hirnlappen schwer verletzt werden müssen, erwachsene Thiere gewöhnlich in eine mürrische Abgeschlagenheit verfallen, bei der sich nicht gut über ihre Sensationen urtheilen lässt. Die Thiere werden nicht immer gerade apathisch, denn sie sind manchmal mehr als gewöhnlich reizbar, aber sie verweigern häufig die Nahrung, oft sogar das Getränk, sind wenig beweglich und gehen endlich meistens früh zu Grunde.

Ist aber die Operation auch geglückt (und *Magendie* scheint Heilung nach derselben gesehen zu haben) so bietet sich eine neue Schwierigkeit in der unumgänglichen Vorfrage, welche Substanzen als eigentlich *riechende,* gegenüber denjenigen anzusehen seien, welche nur das Gemeingefühl der Nase afficiren. Wenn man Ammoniak, Essigsäure und ähnliche Stoffe als Reagentien den operirten Thieren vorgehalten, so hat man evident nicht auf den Geruch, sondern auf das Gemeingefühl gewirkt und die Versuche sind bedeutungslos. Wie verhält es sich aber mit dem *Käse? Magendie* erzählt, dass, wenn er einem Hunde, dem er den Geruchsnerven über der Lamina cribrosa durchschnitten, Käse und Holz in zwei Papiere eingewickelt, *hingeworfen*, er *in der Regel* (also nicht immer?) ersteren erkannt, herausgeschält und gefressen hätte. Legte man ihm *ohne dass er es merkte,* eingewickelte Nahrung zur Seite des Körpers, so sei er nicht auf dieselbe aufmerksam geworden. Man begreift, wie zweideutig diese Versuche in mehr als einer Hinsicht sind. War der letzterwähnte Umstand, der so sehr gegen die Anwesenheit des Geruchsinnes spricht, nur eine Folge der Verstimmung des operirten Thieres, das *Magendie* nur in den ersten Tagen geprüft zu haben scheint? Jedenfalls zeugt der Versuch mehr gegen als für die Anwesenheit des Geruchsinnes bei diesem ein Jahr alten Thiere. Denn bei einem *jungen* Hunde kann man aus dem Zerreissen vorgeworfener Papiere nicht viel schliessen, besonders wenn er nur „in der Regel" das rechte trifft.

Man hat Versuche an Kaninchen angeführt, die todte Thiere ihrer eigenen Art nach Verlust ihrer Geruchsnerven nicht mehr beschnüffelt haben, während gesunde Kaninchen die Leichen anderer stets beriechen sollen. Auch dieser Versuch, der für die supponirte Thätigkeit des Olfactorius spräche, lässt, wie er erzählt wird, keinen bestimmten Schluss zu. Kaninchen, die sich einmal an die Gesellschaft anderer gewöhnt haben, beriechen diese nicht mehr, sie mögen sie todt oder lebendig antreffen. Begegnet ihnen aber ein fremdes Kaninchen, so wird es auch lebend berochen. Die „gesunden" in jenem Versuch waren vermuthlich neue Ankömmlinge.

Biffi hatte den glücklichen Gedanken, die Gefahren des Versuches der Durchschneidung der lobi olfactorii dadurch zu umgehen, dass er ganz junge noch blinde Hündchen der Operation unterzog, da im frühesten Alter Schädelwunden sehr gut ertragen werden und das Lecken der Mutter die Heilung fördert. Der weiche Schädel kann hier mit jedem Messer durchbohrt werden. Die Thierchen waren nach wenigen Tagen wieder hergestellt, obschon der tractus olfactorius mit wiederholten Zügen des Instrumentes so zerrissen worden war, dass ein Theil der in seiner Höhlung enthaltenen Flüssigkeit nach *Biffi*'s Mittheilung während der Operation aus der Wunde ausfloss. Es zeigte sich aber die unerwartete Erscheinung, dass die Hündchen jetzt, so lange sie blind waren, die Zitzen der Mutter nicht mehr finden konnten, an deren Bauch sie unruhig hin- und herkrochen, indem sie überall zu saugen versuchten, („tentando qua el a col muso gli oggetti"). Meist musste man ihnen den

Mund öffnen und die Zitzen hineinstecken. Gesunde blinde Hündchen finden die Zitzen sogleich, wie wenn sie dieselben sähen. Es leitet sie also ihr Geruch.

Als die operirten Hündchen die Augen öffneten und umherzulaufen anfingen, versuchten sie an allem was sie fanden, auch an den ungeniessbarsten Dingen zu kauen.

Als man ihnen später Hundefleisch hinwarf, frassen sie es ohne Zeichen von Widerwillen, während andere Hunde es verschmähen. Die Hunde wuchsen auf und hatten nach *Biffi*'s Versicherung den Geruch verloren. Ob dieser Verlust im späteren Alter sich äusserte, werden wir hoffentlich aus einer detaillirteren Darstellung dieser Versuche erfahren, die uns *Biffi* nicht vorenthalten wird.

Sehr werthvoll sind die in etwa 20 Versuchen bestätigten Daten über das Verhalten der noch säugenden Hündchen, aber auf das spätere Fressen von Hundefleisch kann ich nicht den Werth legen, den ihm *Biffi* vielleicht beimisst. Ich habe beobachtet, dass sehr viele gesunde junge Hunde bis zum Alter von 4 oder 5 Monaten gierig Hundefleisch verzehren, später aber verabscheuen sie nicht nur das Fleisch ihrer eigenen Art, sondern, wie ich einige Male gesehen, auch das der Füchse. Es scheint dies gegenseitig zu sein, denn die Füchse, die ich zur Zeit meiner Vagusversuche fütterte, berührten auch kein Hundefleisch, obgleich sie jedes andere ohne Unterschied verzehrten.

Die Zerstörung der lobi olfactorii, so schliessen wir aus *Biffi*'s Versuchen, hebt also den Geruch auf, wenn nicht etwa dieser Erfolg der gleichzeitigen Desorganisation des vordersten Theiles des Hirnlappens zuzuschreiben ist.

Im Einklang hiermit stehen auch eine Reihe von pathologischen Fällen, die *Pressat* (theses de Paris 1837 No. 441) und *Longet* gesammelt haben, in dessen Werk sie nachzulesen sind. Auch hat man bei Personen, die während ihres Lebens des Geruchs entbehrten, nach dem Tode Abwesenheit der Lobi olfactorii gefunden.

Das Letztere scheint indess nicht Regel zu sein, denn Abwesenheit der lobi olfactorii ist immer ein seltener Befund, aber völliger Mangel des Geruchsvermögens bei Menschen viel häufiger als man gewöhnlich glaubt.

Nun bietet sich aber eine neue Schwierigkeit. Die lobi olfactorii sind, wie schon die Alten annahmen und wie *Longet* auf's Neue bewiesen hat, nicht eine eigentliche Nervenwurzel, sondern ein Theil des Gehirns, der bei Thieren sogar seinen eigenen Ventrikel hat und manchmal (bei Fischen) eine sehr beträchtliche Grösse erreicht, die selbst bei den Säugethieren vom Menschen abwärts sehr an Volum zunehmen. Was beweist uns, dass die eigenthümlichen Fäden, welche dieser Gehirntheil durch die Löcher des Siebbeins schickt, wirklich seine virtuellen Fortsetzungen, dass überhaupt diese Fäden Nerven sind?

Alle Versuche über den Geruchsnerven zerstören die lobi, und auf sie beziehen sich alle pathologischen Beobachtungen mit Ausnahme eines Falles von *Hare* (On the stomach and the alementary organs, citirt bei *Longet* l. c. pag. 38), wo Verdickung mehrerer Kopfknochen in Folge einer alten Krankheit vorhanden war und wo also der Mangel des Geruchs noch einen anderen Grund haben konnte, als die gleichzeitige Obliteration der Siebbeinlöcher.

Könnten nicht hier die lobi als Gehirntheile, ebenso die Centra des Geruchs sein, wie es die Vierhügel für den Gesichtssinn sind, aber die Nervenleitung auf ganz anderem Wege geschehen, als durch die angeblichen Nervi olfactorii. Es könnten Aeste des Quintus ebenso gut die Leitung für den Geruchsinn übernehmen, wie sie es für den Geschmacksinn (s. unten) wirklich thun.

Wir wollen hier ganz von der unbewiesenen und nicht zu beweisenden Angabe *Magendie*'s absehen, dass die Thiere nach Durchschneidung des Quintus den Geruch verlieren, wir legen keinen Werth auf die Krankengeschichten, durch die man beweisen wollte, dass der Olfactorius nicht der Geruchsnerv sei. Auch der Fall von *Serres* ist nicht hoch anzuschlagen, aus dem geschlossen wurde, dass der Quintus der Geruchsnerv sei (Anatomie du cerveau II pag. 70 et seqq.). Aber es gibt doch noch eine Reihe unerklärter Beobachtungen, wo bei totaler Erkrankung des Trigeminus der Geruch aufgehoben; von partieller Erkrankung jenes Nerven, wo der Geruch vermindert war, ohne dass einer Veränderung der Nasenschleimhaut, die man hier öfters zu Hülfe gerufen, speciell erwähnt ist.[1])

Bernard hat nun in seinem eben erschienenen Werke auf einen Fall aufmerksam gemacht, wo nach dem Tode Mangel des Lobus und Nervus olfactorius gefunden wurde, obgleich die Angehörigen der Kranken auf die nach ihrem Tode an sie gerichteten Fragen umständliche Angaben machten, die darthun sollen, dass die Patientin immer einen sogar ziemlich empfindlichen Geruchsinn gehabt habe, dass sie z. B. wohlriechende Blumen geliebt, in Zimmern, in welchen den Abend vorher geraucht worden, sogleich die Fenster geöffnet habe, dass sie sich bei manchen Gelegenheiten über schlechten Geruch beklagt etc. (Leçons sur le syst. nerv. II, pag. 228).

Es soll hier durchaus keine Ansicht vertheidigt, keine Behauptung aufgestellt, sondern nur darauf hingewiesen werden, dass die jetzt gangbare Ansicht keineswegs so sicher steht und dass hier noch eine Schwierigkeit verborgen liegt, die ihre Lösung von Seiten der Pathologie erwartet.

Man könnte einwenden, dass die von *Bernard* mitgetheilte „Geschichte" ebenso gegen die sensuelle Bedeutung der lobi olfactorii spräche, wie gegen die des Geruchsnerven, da doch auch die lobi *fehlten*. Ein congenitaler Mangel eines *Hirntheils* kann aber nie als Beweis für oder gegen eine ihm zugeschriebene Function gebraucht werden, weil wir nur die *äussere* Form, die *Hervorragung*, fehlen sehen, wir aber nie sicher sind, dass nicht die *wesentlichen Elemente* dieses Hirntheils hier mehr zusammen- und in den äusseren Umfang anderer hineingedrängt sind. Man würde in die Fehler der Phrenologie verfallen, wollte man die Anwesenheit eines Theiles nur nach der von ihm gewöhnlich gebildeten Hervorragung beurtheilen. Bleibt uns aber vorläufig die Kenntniss der wesentlichen und characteristischen Elemente vorenthalten, so müssen wir über alle Fälle angeborener Verkümmerung einer Hirnprovinz noch unser Urtheil verschieben und dieselben nicht zu physiologischen Schlüssen benutzen wollen. Hierauf habe ich schon vor Jahren bei Gelegenheit eines bei einem 11jährigen, fast ganz normal functionirenden, Mädchen gefundenen Mangels des Kleinhirns aufmerksam gemacht. Der Tractus olfactorius zeigt auf äussere Reize keine Empfindung.

II. Nervus opticus.

Der sensuelle Nerv des Auges geht ausserhalb des Gehirns im Chiasma bei Säugethieren eine *theilweise* Kreuzung ein, doch ist die Gehirnwirkung *ganz* gekreuzt. Ist hier eine *Nachkreuzung* vorhanden oder decussiren im Chiasma alle *wirksamen* Elemente?

---

[1]) *Bell*, der Hauptgegner der Sinnesthätigkeit des Trigeminus, erzählt sogar selbst einen Fall von Krankheit aller Nerven im Inneren einer Augenhöhle, bei der der Geruch auf der entsprechenden Seite verloren war. (Bells Untersuchungen von Romberg pag. 304).

Berührung und Durchschneidung des Opticusstammes beim Menschen erzeugt subjective heftige Lichtempfindung, keinen Schmerz.

Bei Thieren verengen sich während der Durchschneidung eines Opticus beide Pupillen reflectorisch und vorübergehend sehr stark.

Bei keinem Nerven ist die Abhängigkeit der normalen Nutrition, ausser von seinem *centralen* Ernährungsherd, auch von der Integrität seiner *peripherischen* Verbreitung so ausgesprochen, wie beim Opticus, besonders dem der Vögel (*Magendie*).

Stellt man alle hierauf bezüglichen Beobachtungen zusammen, so *scheint* es, dass die Atrophie aus peripherischer Ursache nicht bei *jeder* längeren Unthätigkeit eines Opticus, sondern nur in denjenigen Fällen auftritt, wo die *Retina* selbst auf irgend eine Weise mitgelitten hat. Die vorhandenen Thatsachen reichen nicht aus zu entscheiden, ob die Atrophie blos Folge der Unthätigkeit ist, oder ob sich auch in der so complicirten Retina ein langsamer wirkender Nutritionsherd für den Nerven befindet.

Bei Säugethieren (und Menschen?) muss man sich hüten, die Atrophie blos nach dem äusseren Umfang des Nerven beurtheilen zu wollen. Derselbe kann sogar, trotz der Atrophie, vermehrt sein, aber im Inneren der erhaltenen *Hüllen* befindet sich angesammelte Flüssigkeit und nicht mehr der normale Inhalt. Ein eigenes Missverständniss ist es, wenn so eben ein Schüler *Bidders* die nach Durchschneidung des Opticusstammes eintretende peripherische Degeneration (vergl. oben pag. 113) zur Entscheidung der Frage über die nervöse Natur der verschiedenen Gebilde der Retina benutzen wollte. Wir hatten stets angegeben, dass weder an den Ganglienkugeln, noch an *nicht* dunkelrandigen Nervenfaserenden die Degeneration erkennbar sei.[1])

III. Nervus oculomotorius.

Er ist ein rein motorischer Nerv, mit Unrecht aber hat man *Valentin*'s Angabe in Zweifel gestellt, dass der Stamm in der Schädelhöhle sehr ausgesprochene Empfindung besitze. Dass, wie ich mehrfach gefunden habe, die Empfindlichkeit in der Nähe der Wurzel eine recurrente ist und vom Trigeminus herkommt, hat auch jetzt *Bernard* bestätigt. Der Bewegungseinfluss dieses Nerven erstreckt sich theils auf die Augenmuskeln theils auf die Pupille.

a) Einfluss auf die Muskeln des Augapfels.

Bei Reizung des Oculomotorius verkürzen sich der Heber des oberen Augenlides und alle Augenmuskeln mit Ausnahme des äussern geraden und oberen schiefen. Doch kommt es nicht selten vor, wie *Volkmann* zuerst richtig bemerkte, dass sich auch die beiden letztgenannten Muskeln etwas contrahiren. Der Augapfel tritt bei der Reizung etwas in die Orbita zurück. Die Lähmung dieses Nerven hingegen bewirkt Schielen nach aussen und schwaches Vortreten des Augapfels, nebst Herabfallen des oberen Augenlides.

b) Wirkung auf die Pupille.

Bei der Darstellung derselben müssen nothwendig auch die anderen Irisnerven berücksichtigt werden.

---

[1]) Selbst die Pacinischen Körperchen erhalten sich normal, wenigstens in der ersten Zeit der Atrophie der zu ihnen gehenden Nerven.

Nach vielen eigenen Versuchen und mit Berücksichtigung der früher gemachten Angaben hat *Valentin* 1839 eine Theorie über die Function der motorischen Irisnerven aufgestellt, welche, von wenigen Einsprachen abgesehen, bis heute die herrschende geblieben ist. Nach derselben besitzt die Iris eine spinale und eine cerebrale Bewegungsquelle.

Die *cerebrale* stellt der Oculomotorius dar, und sie hat die Aufgabe, die Pupille zu *verengern.* Dass Reizung des Oculomotorius die Pupille sehr verkleinert, hatten sowohl *Valentin* als viele andere Forscher gesehen und die Zweifel, die sich hiergegen erhoben hatten, seitdem man angefangen, sich des electromagnetischen Reizes zu bedienen, haben *Budge* und *Waller* (Fror. Tagesberichte 1852 pag. 311) glücklich beseitigt. Lähmung des Oculomotorius erweitert die Pupille und verhindert ihre Verengerung durch starken Lichtreiz. *Budge* hat später gefunden, dass bei Kaninchen auch im Trigeminus Fasern verlaufen, die die Pupille verengern können. (Die Erscheinungen, aus denen dies *Budge* und *Waller* erschlossen, finden sich, wie ich gesehen, auch bei Hasen, aber nicht bei anderen von mir untersuchten Säugethieren). Dass die Erweiterung der Pupille nach Durchschneidung des Oculomotorius noch zunimmt, wenn man Belladonna ins Auge tröpfelt, wurde zuerst von *Ruete* an gelähmten Menschen (Klinische Beiträge 1843, pag. 244) und dann von *Bernard* (Piègu, these sur le nerf trisplanchnique Par. 1846) in Versuchen an Thieren gefunden.

Die *spinale* Bewegungsquelle (fons spinalis) geht nach *Valentin* von dem Cervicaltheil des Rückenmarks aus, die Nerven treten durch die Spinalwurzeln in die Ganglien des sogenannten Sympathicus (und wie *Valentin* damals annahm, zum Theil in den Halsstamm des Vagus) und steigen von hier zum Kopfe auf. Bei Kaninchen kannte *Valentin* nur die obere fons spinalis, die mit den oberen Cervicalknoten communicirt, bei anderen Thieren aber steigen nach ihm auch Fäden der Spinalnerven von mehr nach hinten gegen die Brust gelegenen Nervenwurzeln durch den *ganzen* Halssympathicus herauf. Es war schon *Petit* 1722 bekannt, dass sich bei Hunden nach Durchschneidung des Halssympathicus an irgend einer Stelle die Pupille merklich verengt. *Valentin* fand, dass sie sich nach *Reizung* des Halssympathicus erweitert.

Biffi hat 1846 Versuche veröffentlicht, in denen er zunächst die bis dahin festgehaltene irrige Ansicht bekämpft, dass die Pupille nach Durchschneidung des oberen Halssympathicus oder nach Exstirpation des Ganglion cervicale supremum stets gleichmässig verengt und ganz unbeweglich bleibe. Er sah noch Bewegungen unter dem Einfluss des Lichtes, hält aber die dadurch bewirkte Veränderung des Durchmessers der Irisöffnung für *kleiner,* als auf der nicht operirten Seite. Ein anderer Irrthum *Biffis* ist, dass er nur dem *oberen* Theil des Halssympathicus (und nicht dem ganzen Halsstrange) einen entschiedenen Einfluss auf die Pupille zuschreibt.

Im folgenden Jahre aber hat *Meyer* die Resultate mehrerer meiner Versuche publicirt, denen er zum Theil beiwohnte, nach welchen sogar auch bei Kaninchen dem *ganzen* Halsstrang des Sympathicus eine motorische Wirkung auf die Pupille zukommt, unterhalb des unteren Halsganglions aber hört der Sympathicus auf, diesen Einfluss zu äussern. Es muss also die fons spinalis ihre untersten Nerven in das zweite Cervicalganglion senden, das bei Kaninchen häufig mit dem ersten Brustganglion verschmolzen ist. Dies wurde einige Jahre später von *Budge* und *Waller* bestätigt, welche auch genauer die Spinalnerven ermittelten, aus denen das untere Cervicalganglion seine Wurzeln bezieht. Sie fanden, dass Reizung der Rückenmarkspartie, aus welcher diese Nerven abgehen, ganz wie die Reizung der Nerven selbst wirkt. Die beiden genannten Forscher glaubten durch ihre Versuche, welche sie auch auf Frösche ausdehnten, ebenfalls die oben erwähnte Theorie von *Valentin* stützen zu können. *Budge* hat sich (Archiv für physiol. Heilkunde 1842 pag. 54) nie recht davon überzeugen können, dass Durchschneidung des Oculomotorius ausser der Lähmung eine wahre *Erweiterung* der Pupille zu Stande bringe.

So viel glaubten wir vom historischen Theil hier geben zu müssen, um Missverständnissen vorzubeugen, die sich in die Darstellung mancher Handbücher eingeschlichen haben.

Betrachten wir nun die Thatsachen.

Es ist ganz sicher, dass wenn der Oculomotorius im Leben oder unmittelbar nach dem Tode *gereizt* wird, eine bedeutende Verengerung der Pupille entsteht. Wird dieser Nerv im Leben durchschnitten, so zeigt sich bald eine sehr ausgesprochene, aber im Verhältniss zum möglichen Maximum mässige Erweiterung der Pupille, *wenn*, und dies ist ein wichtiger Punkt, *noch Lichtempfindung vorhanden ist;* wenn also noch ein Opticus nicht durchschnitten oder wenn die centrale Schnittfläche eines Opticus dauernd gereizt ist.

Fehlt alle Lichtempfindung, durch vorherige Zerstörung der Optici, so wird die Pupille mässig weit und nicht weiter durch die Durchschneidung eines Oculomotorius.

Hieraus können wir zweierlei entnehmen.

a) dass wenn es möglich wäre die Operation in vollkommener Dunkelheit auszuführen und zu beobachten, sie wahrscheinlich ebenfalls keine Pupillenerweiterung zur Folge hätte. In der That ist die Differenz beider Seiten um so geringer, je weniger hell es ist und sie verschwindet *fast* schon im Halbdunkel.

b) Es geht aber ferner daraus hervor, dass bei Abwesenheit des Lichtes gar keine merkliche Innervation vom Oculomotorius ausgeht, dass dieser Nerv also nicht wie *Budge* und Andere es angenommen haben (freilich in einer Zeit, wo der Muskeltonus noch viele Anhänger zählte) *beständig* im Leben seinem Antagonisten das Gleichgewicht hält, sondern dass im Dunkeln der Sphincter Pupillae in seiner natürlichen Länge verharrt und nur seine elastischen Kräfte geltend macht. Die Verhältnisse des Sphincters können demnach nicht, wie man noch jüngst geglaubt hat, als Beispiel eines wirklichen Muskeltonus angeführt werden.

Die vorübergehende aber starke Verengerung der Pupille, welche bei *Kaninchen* der Reizung des *Trigeminus* oder seines Augenastes folgt, und welche nachweislich diese Reizung einige Zeit überdauert, *scheint* allerdings von directen zur Iris gehenden motorischen Fäden abzuhängen, die aber nach dem Tode sehr rasch ihre Wirksamkeit verlieren. Verengerung erfolgt, wie *Budge* erwiesen hat, noch vom Trigeminus aus, wenn alle anderen Augennerven durchschnitten sind. Die Zusammenziehung kommt ferner langsamer zu Stande, als durch den Oculomotorius. Vielleicht können diese Trigeminusfasern eine sonderbare Beobachtung erklären, die ich an Kaninchen mit blauer Iris gemacht, bei denen die Pupillenbewegungen energischer vor sich gehen.

Es zeigte sich nämlich nach Durchschneidung des Oculomotorius als das Auge nach aussen stand, dass, während es veranlasst wurde, sich noch mehr als gewöhnlich nach aussen zu drehen, die Pupille sich langsam *etwas* verengte. Auch ohne weitere erkennbare Ursachen wurden hier noch langsame Schwankungen in der Pupillenweite beobachtet. Eine ähnliche Erscheinung glaubte ich einmal an einem Raubvogel (Pernis apivorus) nach Durchschneidung des Oculomotorius wahrgenommen zu haben.

Es ist noch unbekannt, ob *beim Menschen* der Trigeminus einen ähnlichen Einfluss, wie beim Kaninchen auf die Pupillenweite ausübt. Die Krankheitsbeobachtungen erlauben keinen Schluss, da selbst in denjenigen Fällen, wo Lähmung mit einer Pupillenverengerung verbunden war, wenn ihnen auch nicht andere gegenüberständen, keine Folgerung gezogen werden darf, da nach dem Vorgang bei Kaninchen nicht die *Lähmung,* sondern die *Reizung* eine mit ihr vorübergehende Verengerung bewirkt.

Reizung des Halssympathicus erweitert die Pupille sehr stark wie *Valentin*, *Biffi*, *Budge* und Andere richtig bemerkt haben. Mit Recht hebt *Budge* hervor, dass man um diese Erweiterung zu erzielen, oft einen verhältnissmässig kräftigen Reiz anwenden müsse, bei Hunden ist dies noch deutlicher als bei Kaninchen.

Ein Reiz von der Stärke, dass er die benachbarten Muskelnerven und den Hypoglossus stark afficirt, wirkt zwar noch nicht deutlich auf die Irisfasern im Halsstamm des Smpathicus, jedoch ist es ein Missverständniss, wenn angegeben wird, die Reizempfänglichkeit des letzteren sei grösser als die des Herzvagus. Im Gegentheil ist der letztere der am leichtesten erregbare Nerv unter allen, die ich kenne und geprüft habe. (Vergl. den Abschnitt über Hemmungsnerven, pag. 187).

Lähmung des Halssympathicus bewirkt Verengerung der Pupille. Untersucht man Thiere mit durchschnittenem Irissympathicus in mässiger Dunkelheit, so ist die Pupille der operirten Seite nur sehr wenig enger, als die der gesunden. Ja es kommt manchmal vor, dass man dann nur die Verengerung in einem der beiden Durchmesser deutlich erkannt. So bei Füchsen im queren, bei Ziegen im Höhendurchmesser.

Aber auch im Dunkeln fehlt die Verkleinerung nicht ganz, wie aus *Budge*'s Versuchen an Fröschen hervorgeht, bei denen sich der einmal angenommene Umfang der Pupille so langsam ändert, dass man den Stand derselben nach längerem Aufenthalt im Dunkeln noch erkennen kann, wenn man sie rasch ans Licht zieht.

Wird die gesunde Seite *allein* stärker beleuchtet, so kann jedoch, wie ich häufig gesehen, die Pupille auf dieser Seite viel *enger* werden, als sie auf der operirten ist.

Untersucht man die Thiere bei mässigem Licht, so ist, selbst in der ersten Zeit nach der Operation, an welcher Stelle des Halssympathicus sie auch ausgeführt ist, die Pupille der operirten Seite bei vollkommener Ruhe nur mässig enger als die der anderen Seite.

Verdeckt man jetzt beide Augen, und gelingt es, sie nach einiger Zeit wieder zu entblössen, ohne dass sie sich bewegen, so wird die Pupille des gesunden Auges mässig eng und dann sogleich wieder etwas weiter, die Pupille des operirten, die im Dunkeln *beinahe* eben so weit geworden, wie die andere, verengt sich aber jetzt ausserordentlich stark, bis zu Hirsekorngrösse, wird gleich darauf wieder viel weiter als die andere, um sich schnell nochmals sehr stark zu verengern und erst nach dieser Schwankung ihren früheren Durchmesser wieder anzunehmen.

Jede Bewegung, die der Augapfel vornimmt, aber besonders die nach innen, oben oder unten ist von einer ganz ähnlichen aber noch öfter wiederholten und abwechselnden Schwankung in der Grösse der Pupille begleitet. Das Auge des Hundes (und von diesem Thier gilt besonders unsere Schilderung) zeigt auch im normalen Zustand Schwankungen dieser Art bei Bewegungen, aber die Excursionen sind relativ und absolut *vergrössert*, wenn der Halssympathicus durchschnitten ist, und man bei mässigem Lichte beobachtet. Sobald das Auge ruht, in welcher Deviation es auch sei, nimmt die Pupille ihre frühere Grösse wieder an, ist das Thier aber unruhig, so erscheint dieselbe oft wie beim Pupillenzittern der Menschen in beständigen starken Bewegungen. Es ist sonderbar, dass man früher solchen Erscheinungen gegenüber behaupten konnte, die Pupille würde nach Sympathicusdurchschneidung unbeweglich und starr.

Bei Füchsen erstrecken sich diese Schwankungen besonders auf den Querdurchmesser und die bewegliche Pupille wird bald zu einem Oval, bald zu einer Spalte.

Untersucht man bei sehr hellem Licht, z. B. bei Sonnenschein, so verengert sich die operirte Pupille nicht nur relativ, sondern auch absolut *viel mehr* als die andere und bleibt sehr eng. Trotzdem kann man auch hier, wenn das Auge in Bewegung geräth, ein leichtes Schwanken erkennen.

Auch wenn Opticus und Oculomotorius auf einer Seite zerstört sind, wird die Pupille noch enger nach Durchschneidung des Sympathicus, aber nicht so bedeutend, wie bei unversehrten Hirnnerven. Dies geht bereits aus einigen Versuchen hervor, die *Budge* an Fröschen angestellt hat. Besser sieht man es bei jungen Katzen.

Obschon die Pupille der operirten Seite am Tageslichte noch nach 1¼ Jahren (und später) kleiner erscheint, als die der anderen, so ist, ohne dass irgend Regeneration eintritt, der Unterschied in der ersten Zeit grösser und nimmt mehrere Wochen lang ab. *Petit* hat bereits für die ersten Tage etwas Aehnliches bemerkt.

Bei Hunden und Katzen war kein wesentlicher Unterschied zu bemerken, ob die Durchschneidung nahe der Brust oder nahe dem Kopf gemacht wurde oder selbst das oberste Cervicalganglion mit verletzte. Bei Kaninchen und Meerschweinchen geben aber, wie man schon früher wusste, die oberen Portionen des Halssympathicus schärfere Resultate.

Die anderen Verschiedenheiten, die von der Integrität oder Verletzung des oberen Ganglions abhängen, siehe bei *Budge* Bewegung der Iris pag. 123. Ich habe über diese Punkte keine eigenen Erfahrungen.

Die bisher mitgetheilten Thatsachen lassen sich allerdings mit der Theorie einer antagonistischen Wirkung des Gehirns und des Rückenmarks auf die Pupille in Einklang bringen, aber diese Theorie kann sie noch nicht ganz vollständig erklären. Dass die Verengerung der Pupille nach Durchschneidung des Sympathicus nicht (oder nicht *allein*) von einer vermehrten Blutfülle des Kopfes abhängt, habe ich (Gaz. hebdomad. 1854 pag. 421) gegen *Brown-Sequard* nachgewiesen. *Kussmaul* hat indess gezeigt, dass diese Blutfülle, wenn sie durch gehinderten Rückfluss entsteht, einen Antheil an der Erzeugung der Pupillenenge haben kann. Grundloser noch ist eine andere, jetzt in manchen Kreisen in Frankreich wieder beliebte Theorie, die, an die Polaritäten der älteren Naturphilosophie erinnernd, eine verminderte Thätigkeit des Sympathicus als Ursache einer Vermehrung der Hirnthätigkeit betrachtet und so Hyperästhesien und krampfhafte Zusammenziehnngen im Auge und in anderen Theilen des Kopfes nach Durchschneidung seiner Gangliennerven erzeugen und erklären zu können meint.

Der früher hie und da hervorgehobene Einfluss des Vagus auf die Pupille ist zweifelhaft. Einzelne frühere Versuche, die auf einen solchen hindeuten, lassen den Verdacht zu, dass Fäden des Sympathicus verletzt worden seien.

Haben wir uns oben gegen die Annahme eines von beständiger Nervenwirkung abhängigen Tonus des Sphincter erklären müssen, so scheinen die Versuche, die wir eben mitgetheilt, für den Dilatator das Gegentheil anzudeuten. Derselbe ist, wenigstens im wachenden Zustande *beständig* mit grösserer oder geringerer Kraft contrahirt, und wirkt also bei unverletzten Rückenmarksnerven (Sympathicus) der Elasticität des Sphincter in unerregtem Zustande des Auges mit doppelter Kraft entgegen, nämlich mit seiner eigenen natürlichen Elasticität und mit einer von den Nerven abhängigen Contraction, die freilich sehr schwach ist, deren Wegfall aber doch genügt, nach Durchschneidung des Halssympathicus die Pupille dauernd *etwas* enger zu erhalten, als die gesunde bei gleichem Erregungszustand ist, und bei gleichem auf beide Augen einwirkenden Reiz die Bewegungen des Sphincter der operirten Seite stärker hervortreten zu lassen.

Der Annahme eines Tonus im Dilatator könnte man dadurch vielleicht entgehen wollen, dass man voraussetzte, auch jedes *Minimum* von Licht würde vom Auge derjenigen Seite, deren Sympathicus durchschnitten ist, stärker empfunden, als vom normalen Auge. Abgesehen davon, dass dieser Ausweg den Tonus nicht eigentlich verbannte, sondern nur die Quelle seiner Anregung bestimmter nach Aussen verlegte, habe ich die Gründe, auf welche die Annahme einer Hyperästhesie des Auges nach Section des Sympathicus sich stützt, bereits in meinen „Untersuchungen" 1855 pag. 154 widerlegt.

Die *sehr starke* Verengerung der Pupille, die der Durchschneidung des Sympathicus fast unmittelbar folgt, und bald nachlässt, scheint sich dadurch zu erklären, dass der mit der Durchschneidung verbundene Reiz, der ganz verschwindend eine Erweiterung bewirkt, die Elasticität des Dilatator für einige Zeit herabsetzt. (Vergl oben pag. 182).

Die Centraltheile des Oculomotorius sind schon oben besprochen. (Siehe Vierhügelsystem). Die des Irissympathicus liegen im *Rückenmark (Valentin)*, hören nach unten etwa am zweiten oder dritten Brustwirbel auf und erstrecken sich nach oben bis etwa gegen die obere Gränze des verlängerten Markes. Eine Kreuzung konnte ich an ihnen bisher nicht wahrnehmen. Die Verengerung der Pupille, welche nach einem Querschnitt durch eine Hälfte des oberen Rückenmarks entsteht, wird, wie jede motorische Lähmung dieser Art, durch die Thätigkeit der kinesodischen Substanz nach einiger Zeit ausgeglichen.

Budge, der an Kaninchen operirt hat, bei denen die Erscheinungen der Pupillenbewegung nicht sehr stark ausgesprochen sind, ist in dieser Beziehung zu anderen Resultaten gelangt Er nimmt ein sogenanntes Centrum ciliospinale inferius an, welches im 6ten Halswirbel seine obere Gränze erreichen soll und ausserdem noch ein oberes im verlängerten Mark gelegenes „Centrum ciliospinalis superius" dessen Existenz ihm dadurch wahrscheinlich wird, dass, wie er gefunden hat, vom N. hypoglossus noch ein Faden, der die Iris erweitert, bei Kaninchen zum oberen Cervicalganglion geht. Bei anderen Thieren mag ebenfalls ein solcher Faden vorhanden sein, wie schon *Valentin*'s ältere Versuche anzudeuten scheinen, er geht aber hier nicht vom Hypoglossus ab.

Selbst an den Stellen des verlängerten Markes, wo schon Wurzeln des Trigeminus entspringen, darf man nicht, wie es geschehen ist, eine vorübergehende Pupillenverengerung in Folge eines Querschnitts von Trigeminuslähmung herleiten, weil diese Erscheinung, weit entfernt bei denjenigen Thieren zu fehlen, wo der Trigeminus die Pupille nicht contrahirt, hier vielmehr noch ausgesprochener als bei Kaninchen ist.

Die *untere* Gränze des Centrums für den Dilatator soll in manchen selteneren Fällen nach *unten* unter die angegebenen Stelle herabrücken. Vergl. in dieser Beziehung eine Bemerkung von *Brown-Sequard*, Société de Biol. Tome V, pag. 152.

Die Wirkung des Atropins, welches nach Durchschneidung des Oculomotorius die Pupille noch sehr bedeutend, nach Durchschneidung des Sympathicus sie ebenfalls deutlich, aber schwächer als sonst, erweitert, ist noch unerklärt. Es scheint auf die Sympathicusfasern *im Gewebe* der Iris einzuwirken.

IV. Nervus patheticus

wirkt motorisch auf den oberen schiefen Augenmuskel. Ob er rückläufige Sensibilität besitzt, konnte noch nicht ermittelt werden.

V. Nervus trigeminus

entsteht bekanntlich mit zwei Wurzeln, von denen die kleinere, die am Ganglion vorbeiläuft, so viel wir wissen, nur motorisch ist und den Kaubewegungen dient. Vielleicht enthält sie vasomotorische Fasern für die Speicheldrüsen.

Die grössere Wurzel enthält sensibele, sensuelle und vasomotorische Nerven. Nach *Budge* beim Kaninchen auch Fasern für die Verengerung der Pupille.

Der sogenannten Speichelnerven soll beim Facialis Erwähnung gethan werden.

Ueber die sensuellen Geschmacksnerven, die nur den dritten Ast zur Zunge begleiten, siehe den Nervus glossopharyngeus.

Ausser auf den Geschmack hat der Trigeminus auf die sensuellen Functionen durchaus keinen nachgewiesenen Einfluss. Es ist möglich, dass seine Durchschneidung den Geruchssinn afficirt, aber es gibt keine Thatsachen, die bestimmt dafür sprechen. Dass seine Lähmung direct nicht im *geringsten* das Sehvermögen stört, oder wie man noch neuerdings angenommen, auch nur beeinträchtigt, habe ich bereits 1855 in meinen Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems, I, pag. 25 nachgewiesen. Eine andere Versuchsreihe zeigte mir, dass auch das Gehör nach seiner Durchschneidung fortdauert.

Es ist ferner ein Irrthum, wenn man behauptete, dass die Durchschneidung des Trigeminus die *Bewegungen* des Augapfels oder der Gesichtsmuskeln verhindere oder störe. Alle diese Bewegungen sind nach jener Operation noch vollkommen gut ausführbar, und es besteht namentlich in dieser Beziehung durchaus *kein* Unterschied, ob der Nerv *vor* oder *hinter* seinem Ganglion durchschnitten ist, wie man, einen Irrthum *Magendie*'s wiederholend, noch in neuester Zeit behauptet hat. Nothwendig aber werden die Thiere, weil ihnen das Gefühl auf der entsprechenden Gesichtshälfte fehlt, seltener zu Bewegungen derselben von aussen veranlasst. Die Gesichtszüge werden bei vielen Thieren schlaff, hängend, weil die Spannung der Haut nicht mehr empfunden wird. So fällt bei Pferden nach Durchschneidung des Mentalastes des Trigeminus die Unterlippe herab, nicht weil sie etwa motorisch *gelähmt* wäre, denn die Thiere können sich ihrer noch bedienen, sondern weil sie nicht mehr *empfunden* wird. Sie kann der Schwere folgen, weil es das Thier nicht mehr bemerkt und sie daher nicht aufs Neue anspannt (Vergl. über alle diese Verhältnisse meine oben erwähnten „Untersuchungen").

Der Trigeminus steht dem Gefühl des grössten Theiles einer Kopfhälfte, des vorderen Theiles der Zunge, des Zahnfleisches, des Mundbodens, des Gaumens, der Nasen- und Augenhöhle und des äusseren Gehörganges vor. Bei seiner Lähmung verlieren alle diese Theile Tast- und Gemeingefühl. Empfindlich bleiben aber einige Stellen in der Umgebung des Unterkieferwinkels, der hintere Rand und die mittlere Fläche des äusseren Ohres, der Nacken, der Hinterkopf und die Zungenwurzel.

Ist nur *ein* Trigeminus gelähmt, so erstreckt sich die Gefühllosigkeit überall genau bis zur Mittellinie. Nur an der Zungenspitze scheinen sich die Fasern des Nerven von beiden Seiten nach meinen Beobachtungen etwas zu kreuzen. Dies ist aber nur auf eine sehr kleine Strecke beschränkt. Es ist möglich, dass dies auch an einer kleinen Stelle der Stirnhaut vorkommt.

Sind nur einzelne Aeste des Nerven durch Krankheit gereizt oder gelähmt, so nimmt der Schmerz, oder im Fall der Lähmung, die totale Gefühllosigkeit nur die durch den anatomischen Verlauf genau zu bestimmenden Strecken ein.

Der Trigeminus ist nicht nur ein durch seine grosse Verbreitung sehr wichtiger Gefühlsnerv, sondern auch seine *einzelnen* Fasern scheinen empfindlicher als die eines anderen sensibeln Nerven. So wie man ihn

berührt, verursacht man heftigen Schmerz und seine Neuralgie gilt für die furchtbarste von allen. Doch finden sich in dieser Beziehung auch Unterschiede zwischen seinen eigenen Aesten. Der Zungennerv ist weniger empfindlich als der infraorbitalis und die Zahnäste (die bekanntlich die Zahnschmerzen vermitteln) scheinen noch mehr sensibel zu sein als der letztgenannte Nerv, der auch in dieser Beziehung den Stirnästen nachsteht, obschon er viel reicher an Fasern ist. So ist es wenigstens beim Hunde, wenn man nach seinen Reactionen bei möglichst gleichem Reize urtheilen darf, und der Grad so wie die relative Häufigkeit der Neuralgien scheinen für den Menschen dieselbe Abstufung gelten zu lassen.

Die Pupille ist, wie bereits erwähnt, nach Durchschneidung des Trigeminus oder seines Augenastes bei Kaninchen und Hasen vorübergehend sehr stark verengt, fängt aber sehr schnell an, sich wieder zu erweitern und bleibt gegen Licht empfindlich.[1])

Bei Meerschweinchen, Hunden, Katzen und Vögeln bleibt die Pupille zwar mässig weit, aber dieselbe wird durch Lähmung des Trigeminus *nicht* noch mehr *erweitert*, wenn nicht andere Nerven (Oculomotorius) mit durchschnitten sind. Wenn auch noch in neuester Zeit diesem Satze widersprochen wurde, muss ich nach früheren und späteren Versuchen auf demselben bestehen, und ich füge hinzu, dass auch *Valentin* jetzt sich von seiner Richtigkeit mehrfach überzeugt hat. Es ist allerdings nicht gerade leicht, bei Hunden und Katzen jede Verletzung und selbst die Quetschung des dicht aufliegenden dritten Nerven zu vermeiden, und nur die völlige Erhaltung der Augenbewegungen kann hier Gewissheit geben. Auch *Bernard* ist jetzt, wenigstens für Tauben, zu einem mit dem meinigen übereinstimmenden Resultat gekommen (l. c. II, pag. 216).

Nach der einseitigen Durchschneidung des fünften Nerven werden die Speisen in der gefühllosen Seite der Mundhälfte angehäuft und bleiben theilweise hier zurück, weil sie das Thier nicht mehr bemerkt. Es beisst sich selbst Stücke von seiner eigenen empfindungslosen Zungenhälfte ab, wenn diese zwischen die Zähne kommt. Bei Hunden wird so nach und nach der ganze Zungenrand abgebissen. Junge Hunde brechen sich beim Zernagen von Knochen einzelne der gelockerten Zähne aus, da das Gefühl die Bewegungen nicht mehr mässigt. Die Lippen werden an äusseren Gegenständen sehr leicht wund gerieben.

Da wegen Lähmung der Kaumuskeln einer Seite der Unterkiefer einseitig beim Kauen und beim Schliessen des Mundes abweicht, so werden auch die Zähne einseitig abgerieben. Bei Kaninchen, wo, wie bei allen Nagern, die Zähne sehr rasch nachwachsen, wenn sie nicht durch Gegenwirkung der anderen beständig abgenutzt werden, nehmen daher die Zähne beider Seiten oben und unten schon nach wenigen Tagen — besonders bei jungen Thieren — sehr sonderbare Formen an, indem sie zum Theil an den äusseren, zum Theil an dem inneren Rande mehr auswachsen, so dass besonders die Kaufläche der Backzähne der Quere nach vollkommen winkelig wird, indem sie sich auf den neu entstandenen verlängerten Anhang fortsetzt, der auf einer Seite über die horizontal verschobene entgegenstehende Zahnreihe übergreift. Ich habe diese

---

[1]) Eine irrige Ansicht ist es, wenn behauptet worden, bei Kaninchen komme nach Durchschneidung des Trigeminus *vor* dem Ganglion Gasseri der Pupille nicht mehr zu ihrer früheren Weite zurück. Dies beruht auf Mitverletzung der vom Sympathicus ausgehenden Fäden.

Veränderungen genauer in meinen „Untersuchungen" pag 49 schon vor drei Jahren beschrieben.

Bernard ist jetzt auch auf diese Veränderung der Zähne aufmerksam geworden und bildet Seite 103 seines Werkes die schiefe Richtung der Vorderzähne ab, scheint aber die viel intensivere Verbildung der Backzähne ganz übersehen zu haben, die man allerdings nur gehörig erkennt, wenn man den Schädel skelettirt. Hat das Thier länger gelebt, so verändert sich auch das Gelenk des Unterkiefers.

Von diesen Erscheinungen ganz verschieden sind die *Ernährungsstörungen,* welche die Lähmung des fünften Nerven dadurch hervorruft, dass vermöge der Unthätigkeit der in ihm enthaltenen Gefässnerven die Blutgefässe erschlaffen, sich mehr ausdehnen, und so den Blutreichthum in verschiedenen Theilen vermehren. Hierdurch werden nothwendig die Absonderungen verändert und gesteigert, es wird Gelegenheit zu krankhaften Exsudationen gegeben.

Es wird sich bei Betrachtung des Einflusses der Nerven auf die Ernährung immer deutlicher zeigen, dass eine directe „trophische" Nervenwirkung nicht im Entferntesten nachgewiesen oder nur wahrscheinlich ist, obschon in neuerer Zeit wieder mehr und mehr viele Theoretiker zu der schon fast verlassenen Annahme einer solchen zurückkehren. Es ist hier nicht der Ort, die Veranlassungen zu entwickeln, die einer solchen Ansicht zu Grunde liegen, bei der Besprechung des Sympathicus ist aber wenigstens ein Theil der Motive angedeutet worden.

Der Trigeminus ist Gefässnerv für die meisten Theile des Kopfes, (vielleicht für alle), zu denen seine sensibeln Fasern gehen und seine Lähmung bewirkt hier eine Erschlaffung der Gefässe, die sich nach der Eigenthümlichkeit der Gewebe verschieden aussprechen und verschiedene Folgen haben muss. Je straffer das Gewebe, welches die Gefässe umhüllt, um so weniger wird Schlaffheit der Arterien auch eine deutliche Ausdehnung bewirken. Je toleranter die Gewebe gegen Wechsel der Blutfülle sind, um so weniger werden secundäre Folgen der Gefässlähmung durch veränderte Exsudationen auftreten.

Ein anderer wichtiger Satz, den wir hier anticipiren müssen, und der aus meinen Untersuchungen über die Lähmung der Gefässnerven hervorgeht, ist, dass schwächere äussere Reize, welche in gesunden Organen sogenannte Congestionen hervorrufen, auf vasomotorisch gelähmte Theile wirkungslos bleiben, wird aber der Reiz etwas verstärkt, so ruft er in den letzteren schon bedeutende Entzündungserscheinungen d. h. Blutüberfüllungen mit eiterigem oder plastischem Exsudat hervor, während er dies in gesunden Theilen durchaus noch nicht vermag. Aus dieser Bemerkung erklärt sich eine grosse Reihe von Widersprüchen, welche in den bisherigen Untersuchungen verschiedener Forscher über den Einfluss äusserer Eingriffe auf gelähmte Theile enthalten sind.

Die äussere Haut des Gesichtes kann bei Thieren nicht im Leben auf ihre Gefässfülle untersucht werden. Injectionen nach dem Tode deuten aber hier eine Erweiterung der kleineren Gefässe an, wenn der Trigeminus gelähmt war. Ich habe in meiner oben angeführten Schrift gezeigt, dass bei Menschen die an *vollständiger* Lähmung des Quintus litten, die Wangenhaut röther als auf der anderen gesunden Seite war. In dem genau untersuchten Fall von *Meyer* fand sich auch hier Erhöhung der Wärme.

Man wird nur dann bei vollständiger Lähmung des Trigeminus die leidende Seite röther finden, wenn der Kranke in vollkommener Ruhe ist, nicht fiebert, und nicht an sogenannten Kopfcongestionen leidet. In den letzteren Fällen wird

stets die gelähmte Seite *blasser* sein, weil hier die Gefässnerven die locale *Erweiterung* der Gefässe nicht mehr bewirken können, welche eben so gut wie die Verengerung eine, freilich anatomisch noch nicht verstandene, aber physiologisch nachgewiesene *Thätigkeit* derselben ist. (Vergl. Berner Mittheilungen 1856, pag. 69).

Der Boden der Mundhöhle und das Zahnfleisch der gelähmten Seite zeigen sich auch bei Thieren hyperämisch, so dass sie sehr leicht bluten. Bei Menschen hat man diese bei Trigeminuslähmung ebenfalls gesehene neuroparalytische Hyperämie der Mundhöhle mit scorbutischen Zuständen verglichen. *Spontane* Blutungen treten hier nicht auf. Bei Menschen scheint auch die Absonderung im Munde und am Zahnfleisch verändert werden zu können. Hingegen habe ich nachgewiesen, dass bei Thieren die ausser der stärkeren Blutinjection oft eintretenden *Veränderungen* im Munde keine *directen* Folgen der Lähmung sind, sondern von der Wirkung äusserer Einflüsse auf die unempfindlichen bluterfüllten Theile abgeleitet werden müssen. Hierher gehören die Ulcerationen an der Zunge, an den Lippen, das Ausfallen der Zähne u. s. w.

Die Verhältnisse der Zunge werden uns beim Hypoglossus beschäftigen.

Die Nasenschleimhaut ist stärker als normal injicirt und sondert einen zähen Schleim ab, der in der Umgebung der Oeffnung zu Krusten vertrocknet. *So weit* nur kann ich *Magendie*'s Angaben bestätigen. Hingegen sah ich nie das beständige Ausfliessen einer eiterartigen Masse oder eigentliche „Ulcerationen" der Schneider'schen Membran, die vermuthlich durch die rohe Untersuchung der Sensibilität der Nasenhöhle mittelst einer Sonde künstlich hervorgebracht wurden.

Am bedeutendsten sind die Veränderungen, welche *Magendie* nach Durchschneidung des Quintus *im Auge* entdeckt hat. Wenn die Operation den ramus ophthalmicus allein, oder den Stamm des Nerven in der Schädelhöhle vollständig getrennt hat, sieht man fast sogleich, wie sich die Gefässe der Conjunctiva und der Iris immer mehr ausdehnen. Sehr bald ist die schleimige Absonderung der Conjunctiva vermehrt und wie es scheint, verändert, denn sie vertrocknet sehr leicht zu Krusten, welche die Augenlider an einander kleben. Die Cornea, die bald ihren normalen Glanz verliert, trübt sich allmählich und nach einigen Tagen ist sie ganz undurchsichtig, *weiss* geworden. Vorher aber bemerkt man schon Exsudationsproducte in der Flüssigkeit der vorderen Augenkammer schwimmen. Die Cornea scheint auch zwischen ihren Lamellen sich mit Exsudaten zu tränken, sie wird viel *dicker* als normal. Später nimmt die Injection des Auges immer mehr zu, die weisse undurchsichtige Cornea wird sehr weich, es kleben ihr Schleimkrusten an, die beim Abfallen oberflächliche Schichten der Cornea mit wegreissen können und so wahrscheinlich die vertieften Flächen erzeugen, die *Magendie* „Ulcerationen" nennt. Eigentliche Geschwüre sah ich nie von sich selbst entstehen. Lebt das Thier länger, so wird endlich die Cornea in der Mitte durchbohrt, oder löst sich am Rande ab, die Augenflüssigkeiten fliessen aus und der ganze Bulbus sinkt zu einem unförmlichen Stumpf zusammen.

Auch die Gefässe der Retina erweitern sich nach Lähmung des Trigeminus und *Marfels* versichert, bei den operirten Thieren in der ersten Zeit Zeichen von Lichtscheu wahrgenommen zu haben, die ich bis jetzt nicht bemerken konnte. (Vergl. *Marfels* in Moleschott's Untersuchungen, II, pag. 214.)

Nicht bei allen Thieren zeigen sich diese Veränderungen im Auge gleich rasch und mit gleicher Intensität. Ich habe hierüber viele vergleichende Untersuchungen angestellt, deren Detail hier nicht mitgetheilt werden kann. (Vergl. meine angeführte Arbeit von 1855).

Wichtig aber ist, was für alle neuroparalytischen Hyperämien gilt, dass diese Veränderungen bei jungen Thieren stets rascher eintreten, als bei älteren. Dieser Einfluss des Alters wird auch neuerdings von *Bernard* bestätigt. Er ist übrigens am Auge weniger auffallend als z. B. an der Lunge und am Magen.

Auch bei Menschen mit Lähmung des Trigeminus sind, zuerst in einem Fall von *Landmann* 1820, diese Veränderungen im Auge mehr oder weniger intensiv beobachtet worden. Ich habe die bis 1855 bekannt gewordenen pathologischen Erfahrungen zusammengestellt. Neuerdings hat unter anderen *Beck* einen sehr interessanten Fall der Art in Virchow's Archiv veröffentlicht.

Ist der Stamm des fünften Nerven nicht ganz vollkommen durchschnitten, so kann das Auge ganz gefühllos werden, ohne dass sich die beschriebenen Störungen in der Circulation und der Ernährung entwickeln. In anderen Fällen zeigen sich dieselben nur ganz rudimentär. Wenn sich der verwundete Nerv zu regeneriren beginnt, so sah ich stets die Ernährungsstörungen stille stehen oder sich vermindern, *ehe* im Auge das Gefühl wieder erschien. Auch bei Menschen sind Fälle von Anästhesie des fünften Nerven ohne Ernährungsstörungen vorgekommen. Alles dies deutet an, dass die sensibeln Nerven ohne die vasomotorischen gelähmt sein können.

Wenn man früher geneigt war, diese Erfahrungen als einen Beweis für den directen Einfluss der Nerven auf die Ernährung zu betrachten, so hat es auch schon in der ersten Zeit nach *Magendie's* Entdeckung nicht an Stimmen gefehlt, welche darauf aufmerksam machten, dass möglicherweise die sogen. Entzündung des gefühllosen Auges nur eine Folge äusserer Einflüsse sein könne, denen sich das beständig offene, durch die Empfindung nicht mehr geschützte Auge nicht wie früher zu entziehen veranlasst werde. Die angeblich verminderte Thränensecretion (die bei Meerschweinchen übrigens eher vermehrt erscheint) kann das Auge nicht mehr gehörig feucht erhalten, Staub der sich auf der Cornea festsetzt, erregt kein Blinzeln mehr und auf diese Weise könnten, so schien es, eine Menge Entzündungsreize gleichsam unbemerkt sich einschleichen. Die zuletzt mitgetheilten Beobachtungen, die allerdings sehr gegen einen solchen Verdacht sprechen, waren damals noch nicht bekannt. Es wurden daher schon in der ersten Zeit nach Entdeckung des Einflusses des Trigeminus von *Magendie* eine Reihe von Controlversuchen unternommen, um den Werth jener Einwürfe zu prüfen, und es stellte sich heraus, dass weder die Lähmung der motorischen Nerven der Augenlider, die das Blinzeln ganz verhindert (gegen *Bell*) noch die Exstirpation der Thränendrüse, die das Auge trockener macht (gegen *Gerdy*) eine Entzündung des Auges bedingt. Auch diese Versuche sind später mit demselben Erfolg wiederholt worden. Um mich zu überzeugen, dass nicht etwa der Zutritt kleiner Staubpartikelchen oder die Vertrocknung des gefühllosen Auges an der Luft jene Störungen hervorrufe, habe ich bereits 1844 nach Durchschneidung des Quintus die Augendeckel vorsichtig zusammengenäht, ohne dass die Veränderung ausblieb; ein Versuch, der auch in neuester Zeit mehrfache Bestätigung gefunden hat.

Während es also gelungen war, durch eine vorsichtige und genaue Analyse der Erscheinungen festzustellen, dass in allen anderen Gebieten des Trigeminus die Lähmung direct nur eine Erweiterung der Gefässe hervorrufe, welche auf Schleimhäuten höchstens eine Veränderung der Secretion, nie aber, ohne Hinzutritt äusserer mechanischer Momente, tiefere Störungen der Ernährung bewirkt, musste angenommen werden, dass bei den zarten Gebilden des Auges ausnahmsweise schon die neuroparalytische Veränderung der Blutfülle an und für sich *hinreiche*, in der durchsichtigen Hornhaut und in der hinter ihr befindlichen Flüssigkeit die oben beschriebenen tieferen Veränderungen hervorzurufen. Die Sache war möglich, aber misslich.

H. Snellen in einer im vorigen Jahre zu Utrecht erschienen Dissertation (De invloed der zenuwen op de ontsteking pag. 26) glaubte bemerkt zu haben, dass Kaninchen, deren Trigeminus durchschnitten ist, sich, besonders häufig beim Fressen, an der gefühllosen Seite reiben und stossen und er vermuthete hierin einen Entzündungsreiz, den allerdings der Versuch mit Vernähen der Augenlider nicht zu beseitigen im Stande ist, da sich der Stoss durch die gefühllosen Augenlider fortpflanzt. Von diesem Theorem ausgehend, schlug er vor, ausser den Augenlidern, deren Verschliessung er auch als unwirksam erkannte, noch das Ohr der Kaninchen, welches durch die Cervicalnerven seine Empfindung bewahrt hat, als Schirm vor das gefühllose Auge zu heften, so dass die Thiere heftige Stösse wider dasselbe vermeiden. Er glaubte auf diese Weise das Auge ganz gesund erhalten zu können. Obschon die Hypothese von *Snellen* nicht ganz für den *Menschen* passt, bei dem doch auch, sogar trotz sorgfältiger Pflege, die neuroparalytische Hyperämie des Auges sich wie bei Thieren gezeigt hatte, obwohl sie nicht ungezwungen mit den Fällen stimmt, wo eine leichtere Verletzung des Nerven blos Anästhesie *ohne* alle Hyperämie und deren Folgen, selbst bei Kaninchen bewirkte, so schien sie doch zu einer genaueren experimentellen Prüfung aufzufordern. *Snellen* selbst hat schon zwei Experimente in dieser Beziehung versucht, von denen das erste nur für ein verlangsamtes Auftreten der bekannten Veränderungen trotz des vorgebundenen Ohres zu sprechen scheint. *Snellen* glaubt, dass hier durch die Nath der Augenlider ein neuer Entzündungsreiz gegeben worden sei. Das zweite Experiment betrachtet er als überzeugender, weil hier das Auge am zehnten Tag nach der Durchschneidung des Trigeminus noch ganz normal und klar gewesen sei. Von einer *Gefässerweiterung* ist hier *nicht* die Rede, aber auch vom Ergebniss der Section wird in beiden Fällen nicht gesprochen, die allein den Beweis hätten liefern können, dass die Durchschneidung des Nerven vollkommen geglückt war.

In einer Reihe von Versuchen, die ich zur Prüfung dieses Theorems angestellt und die in der Dissertation von *Hauser* (Sur l'influence du syst. nerveux sur la nutrition, Paris 1858) mitgetheilt worden (Vergl. auch Cannstatt's Jahresbericht für 1857, I, pag. 121), habe ich trotz aller Vorsichtsmaassregeln niemals die bekannte Hyperämie der Conjunctiva palpebrarum und der Iris vermisst, die man ja auch fast unmittelbar nach der Durchschneidung des Nerven auftreten sieht, während man das Thier noch in Händen hat, also jeder Stoss und jede Reibung des Auges noch zuverlässig vermieden ist. Ebenso wenig fehlte die starke Schleimabsonderung der Conjunctiva, die vielleicht etwas vermindert war. Sehr beschränkt war hingegen die stets noch vorhandene Hyperämie der Conjunctiva bulbi. Die *Trübung der Hornhaut* aber, obschon sie in keinem

dieser Versuche ganz vermieden war,[1]) zeigte sich immer nur partiell, in verschiedener Ausdehnung, bald an dieser, bald an jener Stelle der Cornea auftretend, mehrmals von geringer Intensität oder auf einen ganz kleinen Punkt beschränkt; dieses Schwanken scheint nun eine genügende Andeutung, dass die Corneatrübung nicht eine unmittelbare gesetzmässige Folge der neuroparalytischen Hyperämie ist, sondern äusseren Einflüssen wechselnder Art ihre Entstehung verdankt, welche durch das von *Snellen* vorgeschlagene Verfahren zwar beschränkt, aber doch nicht ganz vermieden werden können. Die Section überzeugte mich immer, dass der Nerv vollständig, bald vor, bald hinter dem Ganglion durchschnitten war. Die Verhältnisse am Auge würden also von denen nicht mehr abweichen, die ich für die anderen von Trigeminuslähmung abhängigen neuroparalytischen Hyperämien nachgewiesen habe.

Schon früher habe ich eine Versuchsreihe an Kröten angestellt, die hierdurch ihre Erklärung findet. Einige wurden nach der Trigeminusdurchschneidung auf groben Sand, andere in Wasser gesetzt. Beide Reihen der Thiere zeigten die Gefässerweiterung, aber nur bei den ersteren entartete das Auge, vermuthlich weil sich Sand ansetzte. Bei den anderen blieb das Auge klar. Als ich bei einigen der ersten Reihe die Augendeckel auf der *gesunden* Seite wegnahm und auch Sand an den noch empfindlichen Augapfel brachte, blieben hier alle Folgen aus.

Die neuroparalytische Hyperämie, die, was *Snellen* nicht anzunehmen scheint, als Folge der *vollständigen* Lähmung des Trigeminus *immer* vorhanden ist, hat aber insofern einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Entstehung der Augenentartung, als nur bei ihrer Gegenwart das Auge geneigt ist, durch verhältnissmässig unbedeutende Reize in Entzündung zu gerathen, und auf diese Weise erklärt es sich, wie eine nur auf die sensibeln Fasern beschränkte Lähmung, trotz der Einwirkung derselben schädlichen Einflüsse, oft sehr lange bestehen kann, ohne dass sich die Cornea trübt, während bei Gegenwart von Gefässlähmung selbst beim Menschen, der sich nicht beim Fressen am Auge reibt, wie die Kaninchen es nach *Snellen* thun, ein sehr geringer Reiz zur Zerstörung des Auges führen kann.

Auf diesen letzteren Punkt muss ich um so mehr hinweisen, als er in practisch-medicinischer Beziehung sehr berücksichtigt zu werden verdient. Es ist möglich, dass bei bestehender Neuroparalyse gerade gewisse Mittel, welche man anwendet, um eine bereits entstehende Augenentzündung zu bekämpfen, dieselbe noch sehr verschlimmern, wenn sie sich auch unter anderen Umständen gar nicht verderblich und selbst nützlich erweisen. (Vergl. Cannst. Jahresbericht 1857, I, pag. 121).

Eine andere mehrfach besprochene Frage ist, ob die neuroparalytische Hyperämie nicht vermieden oder verringert wird, wenn die lähmende Ursache *hinter* dem Ganglion Gasseri, zwischen diesen und dem Nervenursprung liegt. Auf einige missverstandene Versuche *Magendie's* fussend, hat man dies behauptet und daraus erschlossen, dass die Gefässnerven im Gasserischen Knoten entspringen. Vielfache Versuche haben mich aber seit längerer Zeit belehrt, dass in Bezug auf die Gefässlähmung und ihre Folgen durchaus kein Unterschied sichtbar ist, ob der Knoten noch unverletzt mit dem peripherischen Theil des Nerven zusammenhängt oder nicht. Der Knoten wirkt aber gleich den Geweben im Niveau der Spinalganglien (siehe pag. 120) als Ernährungscentrum für die portio major des Nerven selbst, und gerade darin, dass er in dieser Beziehung, wie das Mikroskop zeigte, noch vollkommen wirksam war,

---

[1]) Ausser bei *einem* Kaninchen, das nur bis zum 4ten Tag lebte.

liegt in meinen Versuchen die Gewähr, dass ich nicht, ohne es zu wollen, doch den Knoten auf irgend eine Weise *verletzt*, oder dass er durch die Verbreitung der Wundentzündung nicht *gelitten* hatte; und dennoch traten alle Veränderungen im Auge ein.

Durch eine Sammlung der pathologischen Fälle habe ich gezeigt, dass auch beim Menschen die Symptome der Trigeminuslähmung nicht dadurch verändert werden, dass der Sitz des Leidens sich *hinter* dem Ganglion Gasseri befindet. Die in vielen Büchern wiederholte Angabe, man könne aus dem Ausbleiben der sogenannten „trophischen" Störungen einen Schluss auf den Sitz der Ursache der Quintuslähmung ziehen, erweist sich *entschieden als irrig*, (Vergl. hierüber meine neurologischen Untersuchungen, 1855, I, pag. 106).

In neuester Zeit habe ich diese Versuche von einem anderen Gesichtspunkte aus wiederholen müssen, um zu erfahren, ob die Erhaltung des Ganglion Gasseri nicht einen Einfluss auf die Hyperämie ausübe, wenn man das Snellen'sche Schutzverfahren anwendet. Es war kein Einfluss der Art zu bemerken.

Bernard hat in seinem eben erschienenen Werke wieder die Ansicht vertheidigt, dass die Gefässnerven im Ganglion entspringen, aber es scheint mir, dass seine *eigenen* Versuche gegen einen solchen Schluss sprechen.

Eine andere Ansicht von *Bernard*, dass die Ausschneidung des oberen Cervicalganglions die Folgen der Quintuslähmung verlangsame oder beschränke, wird durch meine Versuche nicht bestätigt. Im Gegentheil habe ich bei manchen Thierspecies (z. B. Meerschweinchen), an denen ich in dieser Beziehung, ohne *Bernard's* Ansicht zu kennen, vor einigen Jahren experimentirte, nur eine stärkere und raschere Injection der Conjunctiva bulbi gesehen. *Bernard's* Ansicht erinnert an den Antagonismus, den er überhaupt zwischen Sympathicus und Hirnnerven statuirt.[1])

Der Ursprung der portio major des Quintus ist nicht, wie man so häufig angibt, ganz im Niveau des Calamus scriptorius der medulla oblongata, sondern etwas über demselben. Erst hier macht ein Schnitt durch das halbe Mark die Gesichtshälfte gefühllos. Es ist merkwürdig, dass, wie *Brown-Sequard* gefunden hat, diese Wurzelstelle des Quintus *unempfindlich* ist. Der Quintus steht also zu seinen sogenannten Kernen am Mark in demselben Verhältniss, wie die sensibeln Spinalwurzeln zu ihren entsprechenden Zellenhaufen in der ästhesodischen Substanz, die ja auch völlig gefühllos sind. Ferner sprechen die Versuche dafür, dass der Quintus im verlängerten Mark eine *theilweise* Kreuzung mit dem der anderen Seite eingehe. *(Budge).*

VI. Nervus abducens

bewegt das Auge nach aussen.

VII. Nervus facialis

ist ein reiner Bewegungsnerv, insofern wir auch den Einfluss auf die Speichelabsonderung nur als motorische Aeusserung auffassen.

Sensibilität des facialis. Ob er in der Schädelhälfte schon empfindlich ist, kann nicht ermittelt werden, (vergl. oben pag. 147), sicher ist nur, dass er keine empfindende Wurzel besitzt, wie dies *Bischoff*, sein Schüler *Gaedechens* und andere Schriftsteller mehr aus anatomischen Gründen mit Unrecht vermuthet hatten.

---

[1]) Vielleicht wurde *Bernard* dadurch zu dieser Angabe veranlasst, dass nach Durchschneidung des Sympathicus die Vermehrung der äusseren Augenflüssigkeit das *Vertrocknen* des Augapfels behindert, wodurch er allerdings scheinbar normaler aussieht.

Im Felsenbein ist der Facialis schon sehr empfindlich, und noch deutlicher ist seine Sensibilität im Gesichte, die *Bell* schon nicht ganz entgangen war und von *Magendie* bestimmt nachgewiesen wurde (1822).

Eschricht hat gefunden, dass die Sensibilität des facialis vor dem foromen stylomastoideum ganz und gar von seinen Verbindungen mit dem Trigeminus herrührt (1826), aber erst 1838 entdeckte *Magendie*, dass wenn man die drei Aeste des facialis bald nach ihrem Auseinandertreten im Gesicht durchschneidet, sowohl die centralen, als auch die *peripherischen* Enden empfindlich bleiben. Diese Thatsache, welche eine theilweise rückläufige Sensibilität verräth (vergl. pag. 144), ist jetzt von allen Forschern bestätigt worden, und selbst *Longet*, der sich so lange gegen die „sensibilité recurrente" ausgesprochen, musste sie hier, wenigstens für den oberen und unteren Ast des facialis zugeben. Sie ist aber auch hier leichter als irgendwo zu erkennen, weil die Blosslegung nicht eingreifend ist. Wir stimmen mit *Longet* darin überein, dass der *mittlere* Ast bei *Hunden*, wenn seine Durchschneidung *weit vorn* im Gesicht vorgenommen ist, der rückläufigen Sensibilität *meistens* entbehrt, weil der Ast des Trigeminus von dem sie stammt, hier weiter oben eintritt. Den beiden anderen Aesten wird aber die rückläufige Sensibilität ganz in peripherischen Geflechten mitgetheilt.[1]

Im Gesichtstheil des facialis verlaufen also Trigeminusfasern sowohl gegen die Peripherie, als gegen das foramen stylomastoideum hin. Es ist bei schwacher mechanischer Reizung an sensibeln Thieren leicht darzuthun, dass die Sensiblilität der peripherischen Enden des durchschnittenen facialis sich kund gibt, noch ehe Bewegungen in den entsprechenden Gesichtsmuskeln entstehen.

Ich habe früher mitgetheilt, dass die Empfindlichkeit des facialis im Felsenbein häufig vom Vagus stamme und dies ist schon von *Johannes Müller* vermuthet worden. Ich hatte manchmal, aber nicht immer, gesehen, dass, wenn auch der fünfte Nerv im Schädel durchschnitten war, der facialis zwar nicht im Gesicht, aber noch im vorderen Theil des Felsenbeinkanals Empfindung zeigte.[2] Vor einigen Jahren wurde ich durch eine andere Versuchsreihe (vergl. meine „Untersuchungen" pag. 164) darauf geführt, die Verbindungen zwischen Vagus und Facialis dadurch zu zerstören, dass ich den erstern möglichst hoch oben ergriff und ausriss. Nur bei jüngeren Thieren gelingt es (und bei älteren Katzen) den Vagus mit dem obersten Knoten auf diese Weise zu entfernen, hier aber war nach Durchschneidung des Trigeminus der *ganze* facialis völlig unempfindlich geworden. Der Vagus gibt übrigens dem facialis nicht blos empfindende, sondern auch gefässbewegende Nerven ab.

Bernard ist neuerdings ebenfalls aber auf anderem Wege zu der Ansicht gekommen, dass der Vagus die Quelle eines Theiles der Sensibilität des facialis sei (l. c. II, pag. 27).

Beweglichkeit des facialis. Sie erstreckt sich auf *alle* Muskeln des Gesichtes mit Ausnahme derer des Augapfels und des levator palpebrae superioris, ferner auf einige Muskeln des weichen Gaumens und vielleicht die der Gehörknöchelchen. Der Einfluss auf die Speicheldrüsen beschäftigt uns später besonders.

---

[1]) Bei kräftigen Kaninchen und Katzen ist die rückläufige Sensibilität am mittleren Ast ganz wie an den anderen zu erkennen.

[2]) Dies hatte auch schon *Eschricht* am Ausgang des Canalis Fallopiae bemerkt.

Herbert Mayo ist der erste, welcher die motorische Thätigkeit des facialis für das Gesicht in ihrem ganzen Umfang erkannte (1822), nachdem schon *Bell* der Wahrheit sehr nahe gewesen und nur noch in Betreff der Lippenbewegung einige Zweifel geäussert, die er bereits 1821 sehr wenig mehr betonte.

Die Lähmung des facialis beim Menschen bringt vollkommene Unbeweglichkeit einer Gesichtshälfte hervor und wir haben bereits Seite 31 der ersten Lieferung gesehen, weshalb hier das Gesicht gewöhnlich nach der gesunden Seite hin verzogen erscheint.[1])

Eine Thatsache, die bereits schon *Shaw* in seinen Versuchen von 1822, mehr noch (nach mündlicher Mittheilung) *Herbert Mayo* in dem folgenden Jahre aufgefallen war, ist, dass bei Hunden und Kaninchen, denen man den facialis durchschneidet, das Gesicht nicht nach der gesunden, sondern nach der *gelähmten* Seite hin verzogen erscheint. Die Sache ist constant und verhält sich bei vielen anderen Thieren ebenso. Es erklärt sich dies, wie mir scheint, durch die hier vorhandene Spaltung des Sphincter an der Oberlippe oder durch die natürliche Hasenscharte.

Beim Menschen werden nämlich dadurch, dass der orbicularis oris einen geschlossenen Kreis bildet, die gelähmte Hälfte des letzteren und mit ihr alle sich an sie ansetzenden mimischen Muskeln von der gesunden Seite her in gleichmässige Spannung versetzt. Ist aber bei den genannten Thieren z. B. die linke Gesichtshälfte gelähmt, so muss der Zug bei Bewegungen der rechten Hälfte so wirken, dass er die linke Seite der Oberlippenspalte noch mehr nach links zieht. Bedenken wir nun, dass die Gesichtsmuskeln hier meistens nicht von oben nach unten gegen den orbicularis verlaufen wie bei Menschen, sondern mehr quer von hinten und links nach vorn und rechts, so wird dabei der Mundansatz dieser Muskeln mehr rechts geschoben, sie *verlieren* also an Spannung, während sie beim Menschen im analogen Fall mehr *angezogen* werden. Dauert eine solche Lähmung längere Zeit, so werden die entsprechenden nicht mehr gespannten Muskeln durch die Ernährung allmählich verkürzt und der immer sich wiederholende Zug kann bei jungen Thieren, wie *Brown-Sequard* gefunden hat, endlich sogar eine Verkrümmung der Knochen zu Wege bringen. Bei Affen aber, wo keine Hasenscharte vorhanden ist, fanden *Shaw* und *Bell* nach Durchschneidung des facialis das Verhältniss wie beim Menschen. Es spricht dies sicher für die eben dargelegte Ansicht und gegen die Annahme, dass bei Thieren der facialis sich *wesentlich* anders als beim Menschen verhalte.

Die bewegliche Nase der Hunde wird in der Ruhe von der nach der gelähmten Seite deviirten Oberlippe durch die Muskelverbindung mitgezogen. Kommt das Thier aber in Zorn, so bewegt es beim Zähnefletschen die Nase selbständig und sie weicht nach der *gesunden* Seite ab. Dies wurde bereits von *Shaw* 1822 richtig angegeben.

Die Frage, ob der facialis die Tasthaare der Lippen und der Augengegend bei Thieren selbständig bewege (was von *Bell* und *Shaw* bezweifelt wurde) muss jetzt als entschieden betrachtet werden, seitdem ich nachgewiesen, dass bei Paralyse des facialis die anhaltenden Lähmungsoscillationen in diesen Tasthaaren sogar besonders scharf hervortreten.

Der facialis bewegt die Nasenlöcher beim Athmen und ich halte es für sehr zweifelhaft, wenn nicht gar für unrichtig, dass wie *Bernard* annimmt, diese Bewegung vom Vagus her durch seine Anastomosen mit

---

[1]) Ist die Ursache der Lähmung noch hoch oben im Felsenbein, so ist auch der weiche Gaumen nach der gesunden Seite deviirt. *Valentin* hat einmal gefunden und *Nuhn* hat es mehrfach bestätigt, dass die Nerven zum Gaumen durch den petrosus superficialis major gehen, dessen Galvanisirung nach *Valentin* den weichen Gaumen bewegte. *Nuhn* hat auch an einem enthaupteten Menschen diesen Einfluss der Wurzel des facialis constatirt. (Vergl. Valentin de function. pag. 33. Nuhn in Henle & Pfeuffer, Neue Folge III, pag. 129).

dem facialis influirt werde. In den Fällen, wo ich den Vagus ausgerissen, konnte ich nur im *ersten* Momente, schon nach weniger als einer Minute nicht mehr, einen Unterschied zwischen beiden Nasenöffnungen erkennen.

Bernard gibt an, dass die Schlaffheit der Nasenöffnung bei Thieren, die wie die Pferde keinen Knorpel in der Nase haben, nach Durchschneidung beider Facialnerven so gross sei, dass sie sich beim Einathmen klappenförmig aneinanderlegten, die Nase verschlössen und so Asphyxie bedingten. Dies scheint aber nicht immer so wie in dem von *Bernard* (l. c. pag. 37) angeführten Versuche der Fall zu sein. Denn abgesehen von dem Versuche von *Shaw* an einem sterbenden Pferde hat *Herbert Mayo* bei einem Esel die beiden facialis durchschnitten (Anat. and Physiol. Comment. I, pag. 110) ohne ähnlicher Erscheinungen zu erwähnen und *Longet*, der (l. c. II, pag. 431) *Shaw's* Versuch an einem Pferde wiederholte, sah dasselbe noch ruhig fressen.

Sind beide N. facialis durchschnitten, so kann sich der Mund nicht mehr gehörig schliessen, die Backen bleiben beim Kauen schlaff, es fällt daher ein grosser Theil der Nahrung wieder aus dem Mund heraus, ein anderer Theil sammelt sich zwischen Backen und Zahnfleisch an und die Bildung eines Bissens im Munde ist sehr erschwert. Ist aber ein solcher gebildet, so wird er gehörig verschluckt. Menschen helfen mit dem Finger nach, indem sie die Nahrung von der gelähmten Wange entfernen, oder drücken von aussen auf die letztere, damit sich nichts zwischen ihr und dem Kiefer anhäufen kann.[1])

Die bekannte Thatsache, dass nach Lähmung beider faciales ein Theil der Nahrung wieder aus dem Munde fällt und dass die Thiere fortwährend an dem im Munde angehäuften Vorrath zu kauen haben, hat vermuthlich *Brown-Sequard* (experim. researches pag. 102), auf die abenteuerliche Entdeckung geführt, dass die Thiere nach der Section beider faciales nicht mehr schlucken könnten und an Inanition zu Grunde gingen. Ueber den letzteren Punkt will ich nicht rechten, aber es ist sicher, dass die Thiere noch schlucken, wie man sich überzeugen kann, wenn man ihre Nahrung mit Kohle bestreut, die man im Magen wieder findet. Auch Menschen, die an doppelseitiger Faciallähmung litten, sind nicht verhungert und sogar wieder genesen, wie z. B. *Constantin James* einen Fall mitgetheilt hat. (Gaz. medic. 1841, pag. 593).

Einfluss auf die Sinnesorgane.

Geschmack. Derselbe wurde mehrfach bei Krankheiten des im Schädel gelegenen Theils des N. facialis auf eigenthümliche Weise verändert gefunden. Nirgends fehlte er, aber in der entsprechenden Zungenhälfte war er zum Theil *undeutlicher* geworden, obschon die Unterscheidung verschieden schmeckender Stoffe noch möglich war; zum Theil offenbarte er sich nur *langsamer*, manchmal gaben die Kranken an, dass sie ohne Veränderung der objectiven Geschmacksempfindung *beständig* einen subjectiven metallischen Geschmack auf der gelähmten Seite empfänden. Diese Erscheinungen betreffen nur die Spitze und den vorderen Theil des Randes der Zunge. *Stich* (Annalen der Charité VIII, pag. 59) sah ähnliche Erscheinungen bei einem Mann, dem der Facialis nahe seinem Austritt aus dem Schädel durchschnitten wurde. Hier ward Salz oft für süss, Quassia für säuerlich erklärt.

Man will auch bei Thieren nach Durchschneidung der Chordi tympani eine *Verlangsamung* der Geschmacksempfindung gesehen haben.

---

[1]) Bei Katzen kann man manchmal eine ähnliche Nachhülfe mit den Tatzen beobachten.

Ich konnte mich hiervon bei Katzen nicht mit der genügenden Schärfe überzeugen.[1]) Die Erklärung dieser Erscheinung ist noch nicht gefunden, obgleich es an Hypothesen nicht fehlt.

Gehör. Mehrere Kranke klagten bei Faciallähmung über eine zu grosse Empfindlichkeit für unerwartete Schalleindrücke und man hat dies auf die Lähmung der inneren Ohrmuskeln bezogen, ohne diese nachzuweisen. (Vergl. *Savart* in Magendie's Journal tome IV, pag. 204).

Geruch. Die Wichtigkeit der Bewegung der Nasenflügel für das Riechen erklärt seine oft beobachtete Schwächung bei Faciallähmung.

Gesicht. Früher hat man vorausgesetzt, das Auge müsse immer leiden, wenn die schützenden Bewegungen der Augenlider aufgehoben seien. Dies hat sich aber nur dann bewährt, wenn der Kranke noch besonders schädlichen Einflüssen ausgesetzt war. Eine solche Reizung *kann* wohl auch hie und da bei Thieren unter ungünstigen Verhältnissen auftreten und als ihre Folge ist vielleicht eine Verengerung der Pupille zu betrachten, welche *ausnahmsweise* früher oder später nach Lähmung des oberen Astes des facialis beobachtet ward, directen Einfluss auf die Pupille hat der facialis *nicht*, wie ich einer Behauptung gegenüber bestimmt versichern kann.

Einfluss des facialis auf die Speicheldrüsen. — Speichelnerven.

Früher wusste man nur ganz im Allgemeinen, dass das Nervensystem Einfluss auf die Speicheldrüsen habe, man stellte sich aber vor, dass durch die Nerventhätigkeit nicht die eigentliche Secretion, sondern eher die Entleerung des angesammelten Secretes bewirkt würde. Jetzt weiss man, besonders durch eine Versuchsreihe von *Ludwig*, dass der wichtigste Einfluss des Nervensystems in dieser Beziehung sich durch eine wahre Bethätigung der Absonderung selbst zu erkennen gibt, wie dies auch aus den Erfahrungen von *Colin* an grösseren Säugethieren hervorgeht.

Es ist hier der Ort nicht zu untersuchen, auf welche *Weise* das Nervensystem die Secretion anregt, oder vielmehr so ausserordentlich bethätigt, dass während bei *Durchschneidung* der betreffenden Nerven so wenig Speichel gebildet wird, dass ein mässiger Druck auch die Drüse von Zeit zu Zeit nur eine Spur des Secretes entleert, *Reizung* der Nerven reichlichen Speichelfluss bewirkt. Es genüge hier zu bemerken, dass analog einigen Erfahrungen, die ich früher an einem andern Orte veröffentlicht habe, dies vermuthlich dadurch geschieht, dass eine Erregung der Gefässnerven auch die Gefässe zu erweitern und dem rothen Blute sogar Bahnen zu eröffnen vermag, die ihm früher fast ganz unzugänglich waren.[2]) Die Druckkraft, mit der das Secret nach aussen entleert wird, scheint durch die angeregte Contraction der feinen Drüsenelemente gegeben. Wir werden dies alles bei Gelegenheit des Nerveneinflusses auf die Secretion näher besprechen.

---

[1]) *Biffi* gibt an, dass die Geschmacksempfindung durchaus *nicht* verlangsamt, aber verringert war.

[2]) Nach einer Notiz, die ich so eben in der englischen Lancet finde, ist auch *Bernard* jetzt mit meiner Ansicht einverstanden, dass es in den Gefässnerven Elemente gebe, welche die Gefässe bei ihrer Erregung verengern und andere, welche sie activ erweitern. Hingegen wird angegeben, dass *Bernard* für jede dieser beiden Thätigkeiten auch besondere Nerven*stränge* annehme. Letzteres ist wenigstens nicht allgemein richtig. Bei der Ohrmuschel der Säugethiere, an der ich schon vor Jahren meine ersten beweisenden Funda-

Es deuten sogar einige Erfahrungen darauf hin, dass vom Nervensystem aus die *Secretion* ohne die gewöhnlich so sehr kräftige *Excretion* allein erregt werden kann, so dass beide nicht ganz unter der Herrschaft derselben Nervenfäden stehen.

Rahn aus Zürich hat in einem unter *Ludwig*'s Leitung ausgearbeiteten Aufsatz (Henle und Pfeuffer 1851 pag. 285) die verschiedenen Nervenbahnen zu bestimmen gesucht, deren Erregung die Speichelabsonderung reflectorisch oder direct bethätigt. Seine Untersuchungen sind an Kaninchen angestellt und wir können die *Thatsachen* zu denen er gelangt ist, nach Versuchen an diesen Thieren so wie an Hunden und Katzen bestätigen und theilweise erweitern. In neuerer Zeit hat auch *Bernard* (l. c. II, pag. 144) seine Ansichten über die sogenannten Speichelnerven veröffentlicht, die wir soweit als möglich in den folgenden Zeilen berücksichtigen werden. Vergleiche auch *Vella* in Comptes rend. de la société de Biologie III, pag. 17.

I. Die Speichelabsonderung wird in der Parotis und Submaxillaris bethätigt durch directe Reizung der vom Gehirn abgetrennten Wurzeln folgender Nerven.

a) des Facialis (mit der anhängenden Portio intermedia und den Gehörnerven). *Rahn* sah nach galvanischer und ich nach mechanischer Reizung dieser Wurzeln immer mächtige Speichelabsonderung, *Bernard* spricht sich hierüber nicht aus. 17.

---

mentalversuche in dieser Beziehung anstellte, welche seitdem in den Mittheilungen der Berner Gesellschaft erschienen sind, liegen die erweiternden und die verengernden Primitivfäden beide im Halsstamm des Sympathicus, während ich hingegen im auricularis cervicalis ausser verengernden nur solche erkennen konnte, die *reflectorisch* Erweiterung hervorrufen. Ich glaube darum, die Ohrmuschel der Hunde und Katzen für diese Versuche besonders empfehlen zu dürfen, weil es hier leicht ist zu beweisen, dass die Erweiterung weder durch Stauung in Folge der Verengerung von mehr central gelegenen Venenästen noch durch Contraction umgebender Muskeln, noch, wie man nach meinen ersten hierauf bezüglichen Angaben am Kaninchenohr vermuthet hatte, durch eine Erschöpfung der Muskeln der Gefässwände hervorgebracht wird, die sich bei einer reflectorische Erweiterung erzeugenden Reizung nach einer irrigen Angabe zuerst kurze Zeit contrahiren sollten. Es liegt dieser letzteren Ansicht eine Täuschung zu Grunde, die für das Kaninchen leicht zu erklären ist, die man aber vermeidet, wenn man vor dem Versuch beide Accessorii ausgezogen hat.

Für andere Organe, z. B. für die Haut der Füsse, liegen die erweiternden Nervenfäden (wenn sie überhaupt von den verengernden verschieden sind, was noch nicht genügend bewiesen, aber sehr wahrscheinlich ist) ebenfalls in denselben Stämmen wie die verengernden. Für die Kopfhaut scheint, wie ich 1855 in meinen Untersuchungen bereits angedeutet, dasselbe der Fall zu sein. Für alle diese Organe gilt denn auch der von mir hervorgehobene Umstand, dass während Durchschneidung der Gefässnerven die Gefässe permanent (durch Lähmung der Ringfasern) etwas weiter als normal erhält, diese Operation die in noch grösserer (aber activer) Gefässerweiterug begründete „*Congestion*“ verhindert. In einer im August vorigen Jahres (1857) der königlich dänischen Gesellschaft der Wissenschaften übergebenen Arbeit, von der vorläufig in den Berichten dieser Gesellschaft vom 7. Januar 1858 eine von der dazu erwählten Commission redigirter Auszug erschienen ist, habe ich die Erscheinungen der Gefässerweiterung durch Reizung und durch Lähmung der Nerven im Allgemeinen zusammengestellt und gesucht, die active Erweiterung mit den anatomischen Thatsachen in Einklang zu bringen. Die Reizungserweiterung ist nicht auf die

b) des Trigeminus nach *Rahn*. Ueber dessen Wurzeln habe ich keine speciellen Erfahrungen, da zur Zeit als ich diesen Gegenstand verfolgte, mir die Arbeit von *Rahn* noch nicht bekannt sein konnte und ich selbst nicht meine Aufmerksamkeit auf ihn lenkte. Wohl habe ich nach mechanischer Reizung seiner Wurzeln starken Speichelfluss gesehen, aber es ist hier fraglich, ob nicht die Nervi petrosi mitgereizt wurden. Bethätigt diese Reizung auch, was aus *Rahn*'s speciell auf die Parotis bezüglichen Angaben nicht klar hervorgeht, die Unterkieferdrüse, so fällt dieser Verdacht weg.

c) des Halssympathicus nach dessen Trennung vom Rückenmark. Ueber diesen siehe weiter unten.

II. Die Speichelsecretion wird reflectorisch angeregt

a) in der Parotis besonders durch Erregung des Glossopharyngeus. So verhält es sich nach *Rahn*'s Versuchen an Kaninchen und nach meinen bei Katzen. Dies kann ferner als bestätigt betrachtet werden, durch alle Beobachter, welche nach Durchschneidung beider Glossopharyngei durch Einbringung übelschmeckender Substanzen in die Mundhöhle keinen Speichelfluss mehr erfolgen sahen (vergl. unten beim 9ten Nerven). Wie *Rahn* habe ich gesehen, dass die vermehrte Absonderung auch dann erfolgte, wenn man den Glossopharyngeus durchschnitten hatte und sein centrales Ende reizte.

b) In der Unterkiefer- und Unterzungendrüse sowohl durch Reizung der Glossopharyngei als des Trigeminus (ramus lingualis). Natürlich im letzteren Fall mit Ausschluss der directen Erregung der ihn begleitenden Drüsennerven.

Bernard spricht gar nicht vom Glossopharyngeus und sucht mit Unrecht im lingualis allein den reflectorisch anregenden Nerven für alle Speicheldrüsen. Dafür liegt selbst in seinen eigenen Versuchen kein Beweis. Die Experimente von *Vella* sind zweideutig. (Vergl. übrigens schon *Fodèra* in Journ. complem. XVI. pag. 299.)

III. Der Speichelausfluss hört auf, wenn man den Facialis so vollständig als möglich aus dem Schädel herauszieht. Die Secretion kann dann (trotz der angeblichen noch fortbestehenden Wirkung des Trigeminus) weder durch in den Mund gebrachte übelschmeckende Substanzen noch durch directe Reizung des Glossopharyngeus bethätigt werden. Dies hat *Rahn* für die Parotis bei Kaninchen gefunden und es ist von *mir* und *Bernard* bei Katzen und Hunden auch für die übrigen Speicheldrüsen bestätigt.

IV. Die Aeste des Facialis, welche die Speichelabsonderung bethätigen, liegen nicht in dem Theil des Nerven, der durch das Foramen stylomastoideum aus der Schädelhöhle heraustritt. Darin stimmen alle überein. Durchschneidung des Nerven im Foramen stylomastoideum hebt, wie *Rahn* für die Parotis und unsere Untersuchungen auch für die

---

kleinsten Gefässe beschränkt, sondern betrifft auch, wenigstens am Ohr und in der Interdigitalmembran, die grösseren Arterien und die Venen.

Um im Voraus gewissen Theorien entgegenzutreten, welche eine jetzt in Frankreich herrschende Tendenz bald ausspinnen dürfte, bemerke ich, wie ich dies am Schlusse meiner Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems I, 1855 bereits angedeutet, dass auch die Centra für die congestive Erweiterung an denselben Stellen des Rückenmarkes (resp. Gehirns) liegen, wie diejenigen der verengernden Gefässnerven.

anderen Drüsen gefunden, die Speichelerregung nicht auf. Auch directe Reizung der Wurzel des Facialis erregt die Parotis noch, wenn seine Gesichtszweige durchschnitten sind. Nach Durchschneidung des facialis in der Schädelhöhle hört aber dann nach *Bernard* und nach Exstirpation des Ganglion geniculatum, wie ich gefunden, die Speichelabsonderung auf.

Also gehen die hier in Betracht kommenden Zweige des facialis schon in der Schädelhöhle ab. *Rahn* glaubt, wie man dies früher in anderer Weise schon mehrfach vermuthet hatte, dass die Chorda tympani der Ast für die Speicheldrüsen sei. Er hat aber keine directen Versuche an ihr angestellt. Für die Parotis ist es die Chorda tympani nicht. Dass aber dieser genannte Facialisast auf andere Speicheldrüsen die hypothetisch angenommene Wirkung ausübt, lehrten zuerst meine directen Versuche an Katzen, denen ich nach Eröffnung der Speichelgänge von der Bulla ossea her die Chorda blossgelegt hatte. In einer vorläufigen Notiz, die fast gleichzeitig mit der Arbeit von *Rahn* erschien, (Tübinger Archiv 1851 pag. 581) habe ich angegeben, dass Durchschneidung der Chorda die Bethätigung der Speicheldrüsen hemmt und Reizung der Chorda Speichelausfluss bewirkt. Diese Versuche sind in neuester Zeit von *Bernard* nach einer anderen Methode (ohne die Chorda blosszulegen) bestätigt worden.

V. Wo geht aber der wirksame Ast für die *Parotis* ab? Er muss nach meinen Versuchen ganz wie die Chorda im Ganglion geniculatum oder unterhalb dieses entspringen und *Bernard* vermuthet ihn im Ast zum N. petrosus superficialis minor Arnoldi, den wir, einen von *Longet* vorgeschlagenen Namen benutzend, Nervus petrosus minor nennen wollen.

Bernard schliesst den Nervus petrosus superficialis major, an den man auch denken konnte, dadurch aus, dass, wie er gefunden, Exstirpation des Ganglion sphenopalatinum, zu dem er sich begibt, die Erregung der Secretion nicht hindere. Hierüber steht mir kein directes Urtheil zu, da mir jene Exstirpation nie gehörig gelingen wollte. Ist *Bernard*'s Vermuthung begründet (und sie ist es, wie wir sogleich sehen werden), so muss die weitere Vermittlung durch die Aeste geschehen, welche dem Ganglion oticum gegenüber vom auricotemporalis zur Parotis gehen. Diese wären also Gefässnerven. Ich habe schon früher sehr wahrscheinlich gefunden, dass sie grösstentheils nicht von der Portio major des Trigeminus abstammen, denn ich sah die meisten derselben in Fällen erhalten, wo die ganze Portio major nach Abtrennung des Ganglion Gasseri fettig entartet war, und die Hautäste des auriculotemporalis nicht verschont geblieben.

Erst vor Kurzem ist mir mündlich die Mittheilung gemacht worden, dass es *Bernard* jetzt gelungen sei, das Ganglion oticum zu exstirpiren, in welches sich der Nervus petrosus superficialis minor einsenkt, und die Speichelabsonderung in der Parotis sei darauf *sistirt* worden. Eine sofortige Wiederholung der Versuche setzt mich in den Stand, diese noch nicht veröffentlichte Entdeckung *Bernard*'s zu bestätigen.

Ich habe den Versuch an zwei Katzen und einem Kaninchen auf einer Seite ausgeführt, nachdem vorher reichlich fliessende Speichelfisteln auf beiden Seiten angelegt waren. Bei Katzen ist es nicht so schwer das Ganglion zu erreichen, wenn man von der Bulla ossea aus nach vorn präparirt und den Austritt des dritten Astes des Trigeminus blosslegt. Genirt die Arteria meningea media, um die vorher ein Faden gelegt sein muss, so unterbindet man sie. Man fasst dann mit der Pincette das kleine aber scharf begränzte Ganglion, das hier etwas mehr als beim Menschen auf die untere Seite des Nerven gerückt ist, und

reisst dasselbe ab. Wenn das Thier aus der Aetherisation erwacht ist, muss man sich überzeugen, dass die Sensibilität der Zunge und des Unterkiefers nicht gelitten hat. Man drückt den in der Parotis noch angesammelten Speichel aus und man sieht dann, dass nach den verschiedensten Reizungen der Mundschleimhaut mit Essig, bitteren Substanzen, Galvanismus etc. sich kein neuer aus der entsprechenden vorher so reichlich fliessenden Fistel entleert, welche sogar bald vertrocknet. Druck auf die Parotis in längeren Zwischenzeiten wiederholt, kann aber stets noch etwas Secret entleeren.

Diese Versuche varanlassten mich, weiter zu gehen, und die bezügliche Wurzel des Ganglion oticum, die nervi petrosi superficiales *allein* zu durchschneiden. Dies gelang mir nun in mehreren Fällen ohne alle Beeinträchtigung des Quintus oder des Facialis und doch blieb jetzt die Parotisfistel bei Kaninchen selbst während längeren Kauens beim Fressen so wie nach Reizung der Mundhöhle völlig trocken. Ein nach *Rahn*'s Methode auf die Oeffnung des Ductus stenonianus aufgelegter Fliesspapierstreifen, der vor der Section der petrosi sich beim Fressen ganz durchnässt hatte, blieb jetzt unbefeuchtet. Dies konnte ich während mehrerer Tage an denselben Thieren oft beobachten. Auf *Valentin*'s Anrathen hin machte ich mehrmals alle Vorbereitungen zum Versuch ohne die N. petrosi wirklich zu durchschneiden, aber der Speichelfluss blieb so lange bis ich die genannten Nerven getrennt hatte.

Nach einem einzigen Versuche darf ich nun auch sicherer behaupten, dass die Durchschneidung des auricolotemporalis nach seinem Abgang vom dritten Quintusast die Parotidenabsonderung hemmt.

Wenn man nach Durchschneidung der N. petrosi im Felsenbein den dritten Ast des Quintus hoch oben am Schädel reizt, so entsteht starke Secretion. Ebenso unmittelbar nach und während der Trennung der petrosi.

Bernard hat die Ansicht aufgestellt, dass alle im Facialis enthaltenen, die Speichelabsonderung bethätigenden Nerven von der Portio intermedia Wrisbergii stammen, die er als einen Theil des sogenannten „sympathischen Nerven“ ansieht, der sich dem facialis zugeselle.

Was hieran thatsächlich ist, erhellt schon aus der schönen Dissertation von *Morganti* (Anatomia del ganglio genicolato. Milano 1845), der zuerst mit gehöriger Schärfe gezeigt hat, dass der Nervus intermedius die Wurzel des Ganglion geniculatum ist, aus dem die Nervi petrosi superficiales und wesentlich auch die Chorda tympani hervorgehen, und dass diese Nerven bei Thieren viel unabhängiger vom facialis erscheinen als beim Menschen. Auf der anderen Seite hat sich aber auch schon *Morganti* (l. c. pag. 40) mit guten Gründen dagegen verwahrt, dass man diese Nerven als „sympathisch“ bezeichne.

Morganti hat gefunden und ich kann es bestätigen, dass sich die blossgelegte Chorda als sehr sensibel erweist, was *Bernard* mit Unrecht in Abrede stellt, weil er bei seinen Versuchen der von *Guarini* vorgeschlagenen Methode folgend, den Nerven nicht in der Bulba entblösst hat und darum die Zeichen von Empfindlichkeit, die er bei der Durchschneidung wohl beobachtet, von einer Verletzung der Schleimhaut des inneren Gehörganges ableitet.

Die Chorda ist nach der Durchschneidung noch am centralen Ende sensibel, und es *scheint* mir, (directe Versuche habe ich noch nicht gemacht), dass die sensibeln Fasern vom Vagus oder vielleicht vom Glossopharyngeus herrühren. Denn eine ursprüngliche Sensibilität des Nervus Wrisbergii, die man früher angenommen, muss nach experimenteller Untersuchung verworfen werden, wenigstens kann sie nur sehr unbedeutend sein. Vergl. oben pag. 148 über die Durchschneidung des facialis. Einen bewegenden Einfluss der Chorda tympani auf die Zunge vermochte ich nicht zu erkennen.

VI. Galvanisirt man den *Sympathicus* am Halse so bethätigt sich ebenfalls die Secretion in der Glandula submaxillaris, wie dies *Ludwig*

Czermak und *Bernard* unabhängig von einander erkannt haben. Es geschieht dies nicht auf reflectorischem, sondern auf direct motorischem Wege. Ich konnte auch durch mechanische Reizung des unteren Cervicalganglion und seiner Wurzeln Speichelfluss erregen.

Czermak hat bei galvanischer Reizung die interessante Beobachtung gemacht, dass die Erregung des Sympathicus, wenn sie fortgesetzt wird, oft nur am Anfang eine kurzdauernde Secretion erregt, dann stockt sie, um nach Aufhören der Reizung als Nachwirkung wieder zu erscheinen. Gleichzeitige Reizung des Sympathicus und des lingualis (mit der Chorda tympani) hatte oft einen geringeren Effect als Reizung des letzteren allein. Ferner konnte durch Erregung des lingualis hervorgerufener Speichelfluss häufig sogleich unterbrochen werden, wenn man jetzt den Halssympathicus galvanisirte. Die isolirte Lingualisreizung ist sogar in ihrer Wirkung merklich beeinträchtigt, wenn unmittelbar vorher zugleich der Sympathicus erregt worden war.

Czermak glaubt aus diesen Thatsachen schliessen zu dürfen, dass dem Sympathicus ausser der erregenden auch eine „hemmende" Wirkung auf die Speichelsecretion zukomme. Ich habe diese Versuche noch nicht wiederholt, ist es aber erlaubt, eine vorläufige Meinung auszusprechen, so scheint es mir, dass diese „hemmende" Wirkung nichts anderes ist, als der Einfluss der gewöhnlichen *stärkeren* Reizung der Gefässnerven, die Verengerung der kleinen Gefässe, welche die Quelle der Secretion verstopft. Wir werden sehen, dass vielen Gefässnerven eine solche doppelte Bewegung zukommt.

Bernard deutet an, dass die Wirkung des Halssympathicus auf die Speicheldrüsen vielleicht ihre vermehrte Absonderung bei manchen Krankheiten und Erregungen des Magens u. s. w. erklären könne. Dies ist möglich. Wenn er aber hier reflectorische Erregung durch den Vagus als vermittelndes Glied eintreten lässt, so ist zu bemerken, dass in *Rahn*'s Versuchen an Kaninchen und in den meinigen an Hunden und Meerschweinchen galvanische Reizung des centralen Endes des durchschnittenen Vagus die Speicheldrüsen nicht erregte.

Auch *Bernard* selbst sah, wenn ich nicht irre, den Vagus ein Mal in dieser Beziehung wirkungslos. Es wäre von Interesse, wenn sich dies bei gelegentlichen Versuchen an Pferden anders verhielte.

Wenn man bei Kaninchen den facialis vollständig vom Gehirn losreisst, so erhält man, wie *Brown-Sequard* und *M. Magron* gefunden, am ganzen Körper unregelmässige aber nur kurz andauernde Bewegungen, die von der Reizung der Centralstelle bewirkt werden, in der sich der Nerv einpflanzt. Nach verschiedenen Zuckungen bemerkt man sehr rasch, dass sich der Kopf nach der entgegengesetzten Seite beugt, die Muskeln der Wirbelsäule an der entgegengesetzten Körperhälfte sich contrahiren, aber es ist nicht constant, dass wie diese Forscher angeben, sich die Kaninchen immer einige Zeit im Kreise drehen. Sie können vielmehr auf die verletzte Seite fallen, mit den Füssen unregelmässig zappeln und schon nach wenigen Secunden wieder ganz hergestellt sein und öfters erfolgen nur ganz *unbedeutende* Zuckungen am Halse. Extrahirt man nach einiger Zeit den anderen facialis, so können wieder ganz ähnliche Bewegungen erfolgen, aber die Contraction der Seitwärtsbeuger der Wirbelsäule ist jetzt auf der anderen, also immer auf der der Verletzung entgegengesetzten Seite, während wie wir gesehen, die *Durchschneidung* an den höheren Stellen der Medulla oblongata die angegebenen Muskeln der entgegengesetzten Seite *lähmt* und Drehung nach der entsprechenden bewirkt. Auch hier irren die genannten Autoren, wenn sie angeben, die Convulsionen nach der zweiten Extraction seien immer ganz verschieden von der nach der ersten, wenn auch lange Zeit zwischen beiden Operationen verstrichen sei. (Vergl. Gaz. medic. 1849, pag. 879. Experim. researches 1853, pag. 20).

VIII. Nervus acusticus.

Er ist der Sinnesnerv des Gehörs.

Wo der N. acusticus dem facialis eng verbunden ist, was ganz individuell zu sein scheint, wird er beim Herausziehen des facialis aus dem foramen stylomastoideum manchmal mit vom Hirn losgerissen. *Bernard* hat ihn manchmal im Schädel durchschnitten, indem er mit einer Scheere durch die Bahn der Vena mastoidea eindrang. Ich habe seine Durchschneidung im Schädel manchmal von hinten her vorgenommen, indem ich mit einem schmalen Instrument bei Kaninchen durch die Höhle des Hinterhauptbeines einging, in der ein kleiner Anhang des Cerebellum liegt, und dasselbe vorsichtig schief nach innen und vorn führte. Es ist dies die Methode, nach der *Magendie* in seiner zweiten Arbeit über den Quintus vorgeschlagen, den letzteren bei Kaninchen zu durchschneiden. *Magendie* selbst bemerkte schon (Journ. de Physiol. 1824 pag. 303) dass man dabei häufig gleichzeitig den acusticus trennt. Bei Fröschen geschieht seine Durchschneidung ohne alle Zerrung am besten dann, wenn die Medulla oblongata von vorn, also vom Munde her blossgelegt wird.

Die Versuche an Kaninchen lassen bei der Trennung des acusticus (bei der auch zugleich der facialis durchschnitten wird) keinen Schmerz bemerken [1]) und ihre Bewegungen sind darauf ganz ungestört, wenn man nicht die Seitentheile des Pons verletzt hat. Auch Frösche zeigen nach reiner Durchschneidung des Nerven, ohne Zerrung, regelmässige Bewegung. *Magendie* hat sich auch, (l. c. pag. 314) noch auf anderem Wege von der Schmerzlosigkeit der Verletzung des acusticus überzeugt, indem er einen Theil der seitlichen Hirnlappen entfernte, und dann die Sensibilität des blossliegenden Acusticus mit der des Trigeminus verglich. Auch *Valentin* hat diesen Versuch an Meerschweinchen gemacht.

Diesen Thatsachen gegenüber ist es sehr auffallend, in einem neueren Werke (Experimental researches New-York 1853 pag. 99) die Behauptung zu lesen, der N. acusticus sei ein wichtiger Theil der Nervencentra (und kein peripherischer Nerv), dessen Verletzung bei Fröschen ausserordentlichen Schmerz mache, dessen Verwundung allgemeine Hyperästhesie des Körpers, ferner (auch bei Säugethieren, wie später hinzugesetzt wird) Drehen, Rollen des Körpers und krampfhafte Bewegungen hervorbringe, die anhielten, so lange das Thier überlebe.

Die Hypothese, dass der acusticus in zwei Nerven zerfalle, von denen einer dem Gehör diene, während der andere die eigenthümlichen Bewegungen des Kopfes vermittele, die *Flourens* nach Durchschneidung der halbkreisförmigen Canäle beschrieb, entbehrt aller Begründung.

IX. Nervus Glossopharyngeus.

Er ist Geschmacks-, Empfindungs- und zum Theil Bewegungsnerv.

Geschmack. In frühester Zeit galt der lingualis aus dem Trigeminus als alleiniger Geschmacksnerv. Später verfiel man zum Theil in's entgegengesetzte Extrem und schrieb die Vermittlung der Geschmacksempfindung einzig dem Glossopharyngeus zu, weil man gesehen hatte, dass Hunde nach der Durchschneidung beider Glossopharyngei bittere Stoffe frassen, die sie vorher beharrlich zurückwiesen. Die Beobachtung ist für viele Fälle richtig, aber wie wir sehen werden, ungenügend.

---

[1]) Wenn man, was nur selten gelingt, ihn durchschneidet, ohne den Trigeminus zu verletzen.

Einige Schriftsteller suchten den bestehenden Widerspruch dadurch zu vermitteln, dass sie zwar den einen dieser Nerven als den eigentlichen Geschmacksnerven anerkannten, aber die Intensität der Empfindung von der Integrität des anderen abhängig machten.

Longet hat hier das Richtige ausgesprochen und durch Versuche und die Analyse pathologischer Thatsachen bewährt. Nach ihm ist der Glossopharyngeus der *alleinige* Geschmacksnerv *für die Basis der Zunge*, dem Geschmack im Spitzentheil steht aber der Lingualis vor.[1]

Biffi und Morganti haben im Jahr 1846 ihre Untersuchungen über die Zungennerven veröffentlicht (suï nervi della lingua in Annali universalli Vol. 99, pag. 369) Die Beschreibung ihrer Versuche, der nöthigen Cautelen u. s. w. ist sehr genau und naturgetreu. Die Versuche wurden entweder so angestellt, dass den Thieren (Hunden, Pferden und Eseln) nach gehöriger Durchschneidung der auszuschliessenden Nerven auf beiden Seiten (beim Glossopharyngeus möglichst nahe dem Austritt an dem Schädel) bittere Speisen vorgesetzt wurden, oder ein Schwämmchen, mit der bitteren Substanz befeuchtet, wurde an verschiedenen Stellen der Zunge vorübergeführt, nachdem man sich vorher überzeugt, dass dieselbe Manipulation mit einem bloss mit Wasser befeuchteten Schwamme stets ruhig ertragen wurde. Die Verfasser erkannten auf diesem doppelten Wege, dass die Geschmacksempfindung im vorderen Dritttheil der Zunge vom *lingualis,* in den hinteren zwei Dritttheilen vom *Glossopharyngeus* abhängt.

Stannius hat noch 1848 Versuche an Katzen veröffentlicht, durch die er die frühere Ansicht wieder zu stützen sucht, dass der neunte Nerv *ausschliesslicher* Geschmacksnerv sei, und die meisten neueren Schriftsteller drücken sich sehr unentschieden über diesen Punkt aus, indem sie — wenigstens in Deutschland — sich mehr der von *Stannius* vertheidigten Panizza'schen Auffassung zuneigen. Ich habe mich mit der vorliegenden Streitfrage in einer ziemlich ausgedehnten Versuchsreihe beschäftigt und gebe hier die wesentlichsten meiner eigenen Resultate, die unter Beobachtung aller von *Biffi* und *Morganti* vorgeschriebenen Cautelen erlangt wurden. Der Glossopharyngeus wurde vor der Resection an seinem Schädelaustritt ab- oder ausgerissen.

Während Katzen und Hunde im unverletzten Zustande eine mit Chinin, frischem Coloquintendecoct oder schwefelsaurer Magnesia bitter gemachte Substanz sogleich verlassen, sobald sie dieselbe mit der Zunge berührt haben und sehr bald alle Zeichen des Missgeschmackes (Zurückziehen des Mundwinkels, häufige Kaubewegungen und Schütteln des Kopfes, starkes nachhaltiges Speicheln) geben, sieht man nach der Durchschneidung der beiden *linguales:*

1) dass alle bitteren Speisen in den Mund genommen werden, und die Thiere anfangen, sie mit ihren Vorderzähnen zu kauen. Da sie den Bissen mit dem Vordertheil der Zunge nicht mehr fühlen, so dauert es etwas länger bis sie ihn in die hintere Abtheilung der Mundhöhle befördern und während dieser Zeit ist nicht das geringste Zeichen von Ekel wahrzunehmen. In dem Augenblicke aber, wo der Bissen nach hinten kommt, wird er mit allen oben erwähnten Merkmalen des Ekels ausgespuckt.

---

[1]) Zum Theil ist dies auch die Ansicht von *Alcock* Lond. med. Gaz. Nov. 1836.

2) Hat man eine Flüssigkeit, z. B. Milch, mit der bitteren Substanz versetzt, so ziehen gesunde Thiere die Zunge sogleich zurück, wenn sie vor dem Trinken damit in Berührung kommt. Nach Durchschneidung der linguales versuchen sie aber immer davon zu trinken und zeigen den Ekel erst, nachdem sie von der Flüssigkeit aufgeschöpft und in den Mund gebracht.

3) Berührt man nach der Methode von *Biffi und Morganti* bei Hunden die Zunge mit einem schwach bittern feuchten Schwamm, so reagiren die Thiere nicht, wenn man auf dem vorderen Dritttheil der Zunge bleibt, bei Meerschweinchen aber ist die Ausdehnung des sensorisch gelähmten Gebietes grösser, etwa zwei Dritttheile.

4) Durchschneidet man bei Hunden die beiden Hypoglossi, so dass die Zunge bewegungslos wird, so lassen sie sich nach Resection der linguales ohne Reaction sehr bittere Substanzen auf das vordere Dritttheil der Zunge legen, z. B. mit Coloquintendecoct angefeuchtetes Brod, und dasselbe kann ziemlich lang liegen bleiben. Sobald sie es aber durch Kopfbewegungen nach hinten bringen, beginnen die Erscheinungen des Ekels.

5) Während auf bittere Substanzen die Reaction nur *verspätet* ist, wenn sie die Thiere verschlingen wollen, ist die Reaction gegen rein saure Stoffe auch sehr *vermindert*, ebenso gegen einen zu grossen Zusatz von Kochsalz.

6) Die Durchschneidung nur eines lingualis verhindert nur die Wirkung übelschmeckender Substanzen auf der vorderen Zungenhälfte derselben Seite.

Hat man aber die beiden *Glossopharyngei* abgetrennt, so sieht man, dass die Thiere unmittelbar nachdem sie eine bittere Substanz in den Mund genommen, wie überrascht den Kopf zurückziehen und nicht sogleich zu kauen anfangen. Dann beginnen sie zwar in der Regel den Bissen zwischen den Zähnen zu verkleinern, jedoch die Bewegungen sind langsam, oft lassen sie auch den Bissen wieder auf den Boden fallen und weichen einige Schritte rückwärts, stets aber verziehen sie die Mundwinkel, schütteln den Kopf, machen eigenthümliche Kieferbewegungen, so dass die unangenehme Empfindung nicht zu verkennen ist. Speichel fliesst aber hier nicht aus dem Munde, so energisch auch bei vielen Thieren der Widerwille sonst geäussert wird. Zwei von den 26 Hunden, an denen ich den erwähnten Versuch angestellt (und die Section zeigte, dass er stets vollständig gelungen war) verweigerten nun beharrlich das bittere Fleisch zu fressen, die andern aber kauten entweder weiter oder hoben das hingeworfene Stück wieder auf, um es zu fressen, so lange sie aber kauten, (was mit einer gewissen Langsamkeit geschah), sah man an den fortgesetzten Zeichen des Ekels, mit welcher Ueberwindung sie sich dazu entschlossen, das beständige Kopfschütteln dauerte noch fort, wenn der Bissen schon verschlungen war. Dieselben Zeichen waren an 19 von den 22 Katzen nicht zu verkennen, denen ich die Glossopharyngei ausgezogen. Stellte man den Thieren zwei Schüsseln mit Nahrung hin, von denen nur die eine bitter gemacht war, so verliessen sie die letztere, wenn sie von ihr zuerst gekostet, um nach einigem Kopfschütteln und Verziehungen der Lippen von der ersteren zu fressen, was dann auf ganz normale Weise geschah.

Warf man aber Hunden nach Durchschneidung der Glossopharyngei bittere Stücke Fleisch in den Rachen, so dass sie den vorderen Theil der Zunge nicht berührten, so wurden sie ohne Zeichen von Ekel verschlungen.

Fuhren die Hunde eine Zeit lang zu fressen fort, so minderten sich allmählich die zuerst so ausgesprochenen Zeichen des Ekels, aber die älteren Thiere fassten jetzt meistens den Bissen vorsichtig zwischen die Zähne, hoben den Kopf in die Höhe und liessen so das Fleisch rasch in den hinteren Theil des Mundes fallen, so dass die Berührung mit den empfindlichen Partien der Zunge so viel als möglich vermieden wurde. Diese eigene Art zu fressen, haben auch schon *Biffi* und *Morganti* beobachtet.

Das Trinken bitterer Milch geschah langsam, immer mit grossen Unterbrechungen und mit mehrfach erneuerten Zeichen des Widerwillens. Leckten sich die Thiere nach dem Trinken ihre Schnauze ab, so kamen diese Zeichen wieder.

Wenn auch bei noch so sensibeln Thieren der Ekel nach Durchschneidung der Glossopharyngei nie mehr mit Speichelausfluss aus dem Munde verbunden war, so erschienen doch einzelne Massen zäheren Speichels zwischen den Lippen und im Mundwinkel. Dieser war weniger zäh bei *sehr jungen* Katzen als bei älteren. Sehr junge Hunde habe ich zu diesem Versuch nicht verwendet.

Wenn nach dem Vorhergehenden der Widerwille gegen *bittere* Nahrung, obschon stets (ausser bei drei Katzen) deutlich vorhanden, sehr vermindert war, so schien er mir nach Excision der Glossopharyngei gegen *Kochsalz* und gegen *Säuren* gar nicht geschwächt. Selbst gefrässige Hunde, die nach einigem Widerstreben auch das bitterste Fleisch frassen, wiesen dasselbe noch entschieden zurück, wenn es mit Essig oder mit Citronensäure genügend versetzt war. Aber auch hier kein Speichelfluss nach aussen.

Bei der localen Untersuchung der Zunge zeigten sich die hinteren $^2/_3$ bei Hunden und das hintere Dritttheil bei Meerschweinchen *ohne allen Geschmack.*

Ich fand, dass der bei Katzen nach Durchschneidung der linguales in der Ekelperiode ausfliessende Speichel wasserreicher ist, als bei normalen Katzen, denen bittere Substanzen gegeben waren.

Ich habe die oben angegebenen Versuche noch auf sehr verschiedene Weise modificirt und stets übereinstimmende Resultate erhalten. Wenn man bei Hunden und Katzen die nach der Resection der Glossopharyngei die beschriebenen Erscheinungen zeigten, auch noch die linguales durchschnitt, so war jede Spur von Geschmacksempfindung sogleich verschwunden.

Nach Versuchen, die ich an mir selbst und an zwei Anderen angestellt, schmeckt nur die Rückenfläche der Zunge. Aber auch auf ihr ist der Geschmackssinn nicht gleichförmig vertheilt. Bittere Stoffe, die keine chemische Wirkung ausüben, wie Coloquinten oder Quassia haben nur auf dem hinteren Dritttheil der Zunge den charakteristischen bitteren Geschmack, im Vordertheil erregen sie einen unangenehmen Eindruck, der aber nicht bestimmt als bitter zu bezeichnen ist.[1]) Chinin ist vorn schwach, hinten entschieden bitter. Zucker ist vorn kaum als süss zu erkennen. Säuren hingegen werden vorn deutlich erkannt, ihr Eindruck auf der Zungenbasis ist verschieden, nie rein sauer. Galle schmeckt vorn süsslich, hinten im Munde bitter. Bei meinen Vorträgen pflegte ich häufig Kugeln gemischt aus Zucker und Citronensäure umherzureichen, um die verschiedene Sensibilität der Vorder- und Hinterzungengegend zu demonstriren. Diese werden an der Spitze sauer, an der Basis süss empfunden. Wenn ich auch Coloquintendecoct ganz gut verschlucken könnte, wenn sie auf der Zungenbasis nicht heftiger einwirkte, als auf die vordere Hälfte der Zunge, so muss ich den unangenehmen Eindruck, den sie auf der letzteren macht, doch

---

[1]) Ein Streifen zunächst der Mittellinie am Vordertheil der Zunge ist ebenfalls, ausser an der Spitze, ohne allen Geschmack.

als eine eigentliche *Geschmacksempfindung* anerkennen und ich wüsste nicht, wie er anders zu bezeichnen wäre. Die Zunge schmeckt also im Gebiete des lingualis, aber sie schmeckt anders als im Gebiete des Glossopharyngeus. Ist dies richtig, so gehen aus den obigen Versuchen folgende Schlüsse hervor.

Lingualis und *Glossopharyngeus* sind Geschmacksnerven.

Der erstere versorgt ausschliesslich den vorderen, der letztere den hinteren Theil der Zunge.

Die Einwirkung schmeckender Substanzen auf beide ist *verschieden.* Im Lingualis herrscht die Energie für saure Empfindungen vor, deren der Glossopharyngeus gänzlich zu entbehren scheint. (Hiermit stimmen auch die Resultate von *Horn*, Ueber den Geschmackssinn, Heidelberg, 1825, pag. 85). Eigentlich *bittern* Geschmack vermittelt aber beim Menschen nur der Glossopharyngeus.

Es ist nicht gerechtfertigt zu behaupten, dass einer der beiden genannten Nerven *schwächer* schmecke.

Nur vom Glossopharyngeus aus kann die Absonderung des Parotidenspeichels stark erregt werden.

Wer dem Vordertheil der Zunge Geschmack zugesteht, kann schon deshalb die Mitbetheiligung des ligualis nicht in Abrede stellen, weil, wenn man denselben durchschneidet, in der Schleimhaut des Spitzentheils bis nahe zur Mitte der Länge nach einiger Zeit ausschliesslich *entartete* Nerven gefunden werden. Diese Angabe von *Waller* (Nouvelle methode anatom. 1852, pag. 14) kann ich nicht nur in gewisser Hinsicht bestätigen, sondern auch nach vielfachen Versuchen hinzufügen, dass nach gleichzeitiger Durchschneidung von Hypoglossus und Glossopharyngeus in dem Wurzeltheil durchaus keine erhaltenen Primitivfasern, weder in der Schleimhaut noch in den Muskeln, noch an den Gefässen vorkommen. Ebenso ist es im Vordertheil, wenn neben dem lingualis der Hypoglossus durchschnitten wurde. Das Nähere darüber habe ich schon 1852 der Naturforscherversammlung in Wiesbaden mitgetheilt. Es geht zugleich hieraus hervor, dass der angebliche Einfluss der Chorda tympani auf die *Bewegung* der Zunge bei Hunden nicht angenommen werden kann, denn die gleichzeitige Durschschneidung der Chorda und des N. lingualis bleibt ohne allen Einfluss auf die Nerven in den Muskeln der Zunge.

Die Pathologie hat in einigen Erfahrungen die obigen Schlüsse in Betreff der Geschmacksnerven bestätigt, andere Fälle aber liegen vor, wo nach blosser Lähmung des Trigeminus oder des Glossopharyngeus die ganze Zunge das Geschmacksvermögen verloren, während sogar in den letzteren Fällen das Tastvermögen ungestört blieb. Mit Unrecht hat man nach solchen isolirten Beobachtungen den Resultaten der Experimente widersprechen zu können geglaubt. Sie zeigen nur, dass ausser der in dem einen Nerven vorgefundenen Veränderung bei dem Patienten noch eine andere bestand, die wir mit unseren jetzigen Hülfsmitteln nicht entdecken können.

Drei meiner Versuche an Katzen lassen mich nämlich *vermuthen,* dass wenn auch die Geschmacksfunctionen durch verschiedene Nerven vermittelt werden, doch im Gehirn und zwar in der Medulla oblongata ein gemeinschaftliches einheitliches Centrum für den Geschmackssinn bestehe und zwar ganz unmittelbar neben der Austrittsstelle des N. glossopharyngeus.

Bei allen Katzen habe ich nämlich versucht, den neunten Nerven von der Medulla loszureissen und die Section zeigte, dass mir dies gelungen war. So bestimmt nun noch bei 19 derselben Geschmacksempfindung vorhanden war, so wenig liess sich bei drei anderen noch eine Spur derselben während der ersten zwei Tage entdecken.

Den dritten Tag schien aber eine der letzteren wieder etwas zu schmecken. Sie wurde den Abend des dritten Tages durch Luftinjection in die Venen getödtet und bei der Untersuchung des Markes fand ich, dass hier nicht nur die Wurzeln des Glossopharyngeus losgerissen waren, sondern an ihrer Stelle zeigten sich auch im Marke mehrere Blutpunkte, die kleinen Ergüssen von ½ bis ein Millimeter im Marke entsprachen. Die beiden anderen Kätzchen zeigten, nach

fünf und sechs Tagen getödtet, ganz dasselbe, aber ich fand dies in allen anderen Fällen nicht. Nur noch einmal entdeckte ich eine Spur eines einzigen Blutpunktes, der aber kaum ins Mark hineinreichte. Es scheint also, dass wenn bei jenen drei Thieren die inneren und die freien Wurzeln des neunten Nerven so fest mit einander zusammenhingen, dass die inneren mitgezogen wurden und durch die kleine Verwundung des Markes die Blutspuren erzeugten, die Erschütterung beim Ausreissen wohl noch tiefer bis zu einem Centralpunkte ging, aus dem die Geschmacksfasern der *beiden* Nerven entspringen, deren sensuelle Thätigkeit in den vorliegenden Fällen gelähmt war. Es versteht sich von selbst, dass ich mich überzeugt hatte, dass bei den drei Katzen das Tastgefühl der Zungenspitze keine Veränderung darbot, dass also die Lähmung nicht den ganzen Lingualis ergriffen hatte.

Ist meine Vermuthung richtig, die ich bis jetzt umsonst durch weitere Versuche an jener bei Katzen und Hunden kaum erreichbaren Stelle zu stützen suchte, so würden die erwähnten Fälle von sogenannter „Ageustie" ohne genügende Veränderung peripherischer Nerven vielleicht einem Leiden der angedeuteten Centralstelle des „Geschmackskernes" entsprechen.

Schon *Longet* hat mir einmal vor Jahren mitgetheilt, dass er beim Ausziehen des N. accessorius hie und da den Wurzeln entsprechende sehr kleine Blutergüsse an den Austrittsstellen wahrgenommen habe.

Ist es *Reizung* dieser Centralstelle, wenn Katzen, denen man etwas über dem Austritt der Glossopharyngei eine reizende Wunde in den *obersten* Theil des verlängerten Markes macht, stark zu speicheln anfangen? *Bernard* muss Aehnliches gesehen haben, denn er nimmt in dieser Gegend irgendwo ein Speichelcentrum an. Leider führen alle diese Versuche vorläufig nicht weiter, denn wenn es auch gelang, den Geschmack auf einer Seite durch einen Stich zu zerstören, so hatte die Sensibilität des maxillaris inferior mitgelitten. Und diese sollte gerade geschont werden.

Gemeingefühl im Glossopharyngeus. Mit Unrecht hat man früher, der Angabe von *Panizza* folgend, und in Analogie mit den übrigen Sinnesnerven, dem Glossopharyngeus die Schmerzempfindlichkeit abgesprochen. Er zeigt sich nicht nur, wie jetzt manche Andere, so *Biffi* und *Morganti* gesehen, in seinem ganzen Verlauf empfindlich, sondern:

a) Die Empfindlichkeit dieses Nerven (vergl. darüber oben pag. 150) ist auch eine directe, die nach der Durchschneidung vor der Bulla ossea bei Katzen am *centralen* Ende bleibt.

b) Er vermittelt das Gemeingefühl in den beiden hinteren Zungenhälften, die nicht, wie man behauptet hat, ganz unempfindlich gegen mechanische Reize werden, wenn beide Trigeminus im Schädel durchschnitten sind.

In Betreff des Gemeingefühls der genannten Nerven ist ferner zu bemerken:

a) Dass mechanische Reizung derselben *keine* Geschmacksvorstellungen, sondern nur Druck und Schmerz erregen. Hierin weichen sie von den anderen Sinnesnerven ab. Es ist dies natürlich nur am Menschen und bei *mechanischer* Reizung ihrer peripherischen Verbreitung zu erkennen. Hiermit hängt vielleicht zusammen, dass es keine subjectiven Geschmacksphantasmen gibt.

b) Mechanische Reizung des Glossopharyngeus erregt aber Speichelfluss, gleichviel ob sie an der Peripherie oder am Stamm vorgenommen wird.

c) Mechanische Reizung der Peripherie des genannten Nerven erregt, wenn sie eine gewisse Dauer und Intensität besitzt, eine Reihe von Reflexbewegungen im Schlunde und in den Exspirationsmuskeln, die bis zum Erbrechen führen können. Secundär wird auch die Stimmritze geschlossen. Das unangenehme Gefühl, welches uns von diesen Bewegungen verursacht wird (nicht welches sie *erzeugt*, wie man irrthüm-

lich angenommen) hat man häufig als Ekelgefühl (Nausea) bezeichnet. Da man es von der directen Erregung des Glossopharyngeus ableitete, so hat man darin eine eigene Manifestation der Thätigkeit dieses Nerven sehen wollen, der darum hie und da als ekelempfindender Nerv bezeichnet wurde. Diese offenbar unrichtige Ansicht ist jetzt verlassen.

d) Hat man den Glossopharyngeus an der Bulla ossea blossgelegt, mit einem Faden umschlungen, und wartet man jetzt die vollkommene Ruhe des Thieres ab, so bringt das Befeuchten des Nervenstammes mit chemisch indifferenten, aber sehr bitteren Substanzen kein Zeichen einer lästigen Geschmacksempfindung hervor. Ebensowenig ist dies der Fall, wenn der Nerv an seinem Verlaufe durchschnitten worden war, so dass die Lösung an den Querschnitt kommt.

e) Schwächere mechanische Reizung des N. glossopharyngeus kann schon reflectorisch den weichen Gaumen (bei Hunden) in Bewegung versetzen.

Motorische Eigenschaften des Glossopharyngeus. Abgesehen von den motorischen Fasern, die dieser Nerv während seines Verlaufes am Halse, vermuthlich durch die rami pharyngei vagi und zum Theil aus dem facialis beigemischt erhält, besitzt derselbe auch noch von seiner Wurzel an motorische Eigenschaften, über die schon oben (pag. 148 des ersten Heftes) im Allgemeinen die Rede war. *Biffi* und *Morganti* (Müller's Archiv 1847, pag. 360) haben in dem raschen Verschwinden der Erregbarkeit nach dem Tode den Grund erkannt, warum viele ausgezeichnete Forscher diesem Nerven alle motorische Wirkung absprachen. Stellen wir die verschiedenen seit *Mayo* und *Debrou* in dieser Beziehung gemachten zuverlässigeren Angaben mit den Resultaten eigener Versuche zusammen, so ergibt sich, dass das motorische Gebiet des Glossopharyngeus ein sehr beschränktes ist. Seine Reizung erregt den Musculus stylopharyngeus und den constrictor faucium medius. Ob auch den Glossopalatinus ist zweifelhaft.

Ueber die peripherischen Ganglien am Glossopharyngeus vergleiche eine Andeutung beim N. hypoglossus.

Der Pathologie, die diesen Nerven bisher mehr als alle anderen vernachlässigt, liegt es ob, zu entscheiden, ob er beim Menschen wirklich der einzige Nerv der Zungenbasis ist, wie bei den untersuchten Säugethieren. Es sind Gründe vorhanden, dies zu bezweifeln.

Für eine *eigenthümliche aber nicht ausschliessliche* Betheiligung dieses Nerven am Geschmack spricht auch noch die vergleichende Anatomie, insofern *Rapp* (Anatom. Untersuchungen über die Edentaten, erste Ausgabe, Tübingen, 1843, pag. 42) gefunden hat, dass die Zunge der Ameisenfresser (welche papillae vallatae besitzt), nur den Ast des Quintus bekommt, *während der des Glossopharyngeus fehlt.* Diese Thiere scheinen nach *Stedtmann* (Surinamische Reise III, pag. 146) Süssigkeiten zu schmecken, sind aber vermuthlich durch die Einrichtung ihrer Geschmacksnerven vor dem unangenehmen Eindruck bewahrt, den uns die Ameisen auf der Wurzel der Zunge hervorrufen. Merkwürdig ist, dass hier nur *die* Speicheldrüsen, denen wir eine Beziehung zum N. lingualis zugesprochen, und zwar *enorm stark*, entwickelt sind, während die Parotis rudimentär bleibt, so dass sie bei den Myrmekophagen von *Cuvier* sogar früher ganz geläugnet wurde. *R. Owen* wird hierüber nächstens wahrscheinlich Detaillirteres veröffentlichen.

Die Zunge der Papageien ist nicht nur Geschmacks-, sondern auch, wie ich mich überzeugt habe, ein vorzügliches Tastorgan, welches sehr enge Spalten erkennen kann, also in sehr kleinen Distanzen *gesondert* fühlt. Dennoch erhält diese Zunge *keinen* Ast vom Quintus, sondern nur vom *Glossopharyngeus,* dem gerade diejenigen das Tastgefühl absprechen wollen, die sonst so gern nach Analogien schliessen.

X und XI. Nervus Vagus et Accessorius.

Beide Nerven gehören zusammen, obschon sie nicht, wie man früher annahm, in demselben Verhältniss zu einander stehen, wie die vordere und hintere Wurzel eines Spinalnerven.

Die Verbreitung dieser Nerven ergibt schon, dass sie auf sehr verschiedene Organsysteme einen Einfluss ausüben, der hier nur im Allgemeinen skizzirt werden kann, da seine speciellere Darstellung eine Schilderung der Thätigkeit jener Organe bis in die einzelnen Details voraussetzt und nicht ohne ein Eingehen auf die Function der anderen aus dem Rückenmark zu den einzelnen Eingeweiden tretenden Nerven möglich wäre.

Es ist darum auch hier nicht der Ort über die einzelnen Ansichten der Forscher und der Schriftsteller in Betreff der Deutung der Thatsachen zu discutiren. Ueber keinen Hirnnerven ist seit Jahrhunderten so viel geschrieben und sind so widersprechende Meinungen geäussert worden, wie über den Vagus, den schon die Alten in das eng begränzte Bereich ihrer Experimente zogen.

Abgesehen von einzelnen Anastomosen mit den verschiedenen Hirnnerven, welche wahrscheinlich denselben sensibele Fasern zuführen, äussert dieser Nerv bei allen Säugethieren seinen Einfluss auf den Schling- und Verdauungsapparat, auf die Respirationsorgane, auf das Herz- und (durch den äusseren Ast des Accessorius) auf einige Muskeln am Halse und am Nacken.

Einfluss auf die Respiration.

Dieser ist es, welcher sogleich nach Durchschneidung beider Vagi auffällt.

Die Frequenz der Respiration ist vermindert, und wie fast alle Beobachter gesehen, ist sogleich nach der doppelten Vagusdurchschneidung am Halse diese Verminderung bei allen Säugethieren eine sehr beträchtliche, sie wird aber sehr bald noch grösser. Die Zahl der Athemzüge kann dann wieder steigen ohne die frühere Höhe entfernt erreicht zu haben, fällt sie aber rasch wieder, wenn das Thier nur kurze Zeit überlebt. In den Ausnahmsfällen, wo das Leben länger, bis mehrere Wochen, dauert und die besonders *Nasse* (Göttinger Archiv II, pag. 327) sorgfältig verfolgt hat, werden am Ende der ersten Woche die Respirationen wieder so häufig, dass sie sich der normalen Zahl *nähern* können, ohne sie zu erreichen.

Die numerische Verminderung der Athemzüge nach der genannten Operation hängt von zwei Umständen ab, die Pause wird beträchtlich verlängert (besonders bei älteren Hunden und Katzen) und jeder einzelne Athemzug nimmt mehr Zeit in Anspruch. Die längere Dauer eines jeden einzelnen Athemzuges ist *theilweise* veranlasst durch die Lähmung im Kehlkopf, welche die Stimmritze verengert. Beseitigen wir diesen Einfluss, indem wir eine Oeffnung in die Luftröhre machen, so geht jede einzelne Inspiration schneller von Statten und die Zahl der Respirationen vermehrt sich etwas, wenn auch, was häufig beobachtet wird, die Dauer der Pause wesentlich die frühere bleibt. Die einseitige Trennung des Vagus hat in dieser Beziehung einen unbeständigen Erfolg.

Form der Respiration. Die Athmung nach der Durchschneidung beider Vagi wird immer viel beschwerlicher. Es kommt vor, dass Kaninchen, besonders in späterer Zeit nach der Operation, bei jeder Ein-

athmung den Mund öffnen, Meerschweinchen reissen die Naslöcher weit auf und bei ihnen ist der Ausathmungsstoss oft so kräftig, dass er jedesmal den ganzen Körper erschüttert, Hunde strecken bei der Exspiration den Hals und heben ihn wieder beim Einathmen und wo einmal diese Zeichen von Respirationsbeschwerden ausgesprochen vorhanden sind, werden sie durch die Tracheotomie nicht gehoben, obschon dann die Athmung selbst leichter von Statten geht. Abgesehen von diesen, je nach der Thierart verschiedenen Zeichen angeblicher Athemnoth bemerkt man aber bei Katzen, Hunden, Ziegen, Füchsen, Meerschweinchen, Ratten, Wanderratten eine characteristische Veränderung des Athmungsmodus, die Inspiration wird langsam und viel tiefer als normal, die Exspiration geschieht darauf schnell und wie mit einer gewissen Hast.[1]) Die Bauchdecken ziehen sich bei der letzteren kräftig zusammen, und wie bereits *Krahmer* gesehen hat, ist der Exspirationsdruck viel stärker als normal. Nur *einzelne* Kaninchen bieten hiervon eine (vielleicht nur scheinbare) Ausnahme dar, insofern hier die Exspiration manchmal eben so lang zu dauern *scheint*, wie die Inspiration. Ich werde dies Verhältniss an geeigneterer Stelle näher beleuchten.

Das Vorstehende zeigt, dass die neuerdings vorgebrachte Ansicht, die Exspiration nach der Vagusdurchschneidung sei nur eine ganz *passive*, nicht haltbar ist.

Die angegebene Veränderung der Respiration wird um so stärker, je mehr Zeit nach der Operation (ohne nachfolgende Erholung) verstrichen ist, und je mehr sich das Thier dem Tode nähert. Bis ganz unmittelbar vor dem Tode bemerkt man bei Säugethieren (nicht bei Vögeln), dass die Zeichen der ausgebreiteteren Muskelthätigkeit bei der Respiration (Athemnoth?) in directem Verhältniss steht zur Verminderung der Zahl der Athemzüge bei demselben Individuum.

Diese Respirationsstörungen hängen von drei verschiedenen Momenten ab, von denen zwei gleich anfangs nach der Operation vorhanden sind. Nämlich die Lähmung im Kehlkopf und die unterbrochene Nervenverbindung der Lunge mit dem verlängerten Mark und von denen das dritte erst später in sehr verschiedener Zeit und Intensität und verschieden rasch wachsend hinzutritt, nämlich die Veränderung in der Ausdehnung des Lungenparenchyms. Wir werden nun sehen, dass der Einfluss des ersten Momentes in verschiedenem Alter sehr verschieden sich gestaltet, dass das Eintreten und die Zunahme des dritten im Allgemeinen um so rascher erfolgt, je jünger das Thier ist, und der Leser wird darnach selbst im Stande sein, sich einige hier nicht weiter zu erörternde Eigenthümlichkeiten zu erklären, welche das Alter der Thiere hervorruft, sowohl in Betreff des allgemeinen Verlaufes der Athembeschwerden, als besonders hinsichtlich der Veränderung dieses Verlaufes durch die Tracheotomie, die nur das erste der erwähnten Momente beseitigt. Schon *Legallois* hat auf den hier berührten Einfluss des Alters aufmerksam gemacht.

Der Kehlkopf erhält vom Vagus jederzeit zwei Nerven, den laryngeus superior, der hoch oben abgeht, und den laryngeus inferior s. recurrens, der aus der Brust aufsteigt und bei der gewöhnlichen Vagusdurchschneidung am Halse mitgelähmt wird.

---

[1]) Vergl. die schöne unter *Vierordt's* Leitung erschienene Arbeit von *Liebmann,* Ueber die Rhythmik der Athembewegungen, Tübingen 1856.

Longet hat zuerst die Rolle der genannten Nerven genauer bestimmt und ich habe in sehr vielen Versuchen seine Resultate genau bestätigt.
Der laryngeus superior steht mit seinem inneren Ast der Empfindung des Kehlkopfs, mit seinem äusseren nur einem einzigen Muskel desselben, dem Cricothyreoideus, vor. Alle anderen Kehlkopfmuskeln werden vom recurrens innervirt.

Verschieben wir vorerst die Erörterung des Einflusses dieser Nerven auf die Stimme, so ist die Wirkung der Lähmung des Laryngeus superior auf das ruhige Athmen nicht zu erkennen, die allgemeine Erschlaffung aller Kehlkopfmuskeln nach Lähmung des recurrens zeigt sich aber um so ausgesprochener, je weniger die Knorpel ausgebildet sind, welche die Stimmritze umgeben, je mehr also die Spannung der Stimmbänder der activen Muskelthätigkeit anheimfällt. Die Erschlaffung der Stimmbänder setzt dem Eintritt der Luft in die Bronchien darum bei alten Thieren mit weitem ausgebildetem Kehlkopf bei nicht stürmischem Athmen nur dadurch ein Hinderniss, dass bei der Respiration die active *Erweiterung* der Stimmritze fehlt, gerade wie bei der Exspiration ihre active *Verengerung*. Die Stimmritze ist also beim ruhigen Athmen dieser Thiere bewegungslos, sie ist *weiter* als normal, wenn man sie während der Exspiration, enger wenn man sie während der Inspiration vergleicht. Dies hat zu einigen Widersprüchen Anlass gegeben.

Es kann daher bei jeder Inspiration nicht ganz die erforderliche Luftquantität eintreten und die Athmung wird, um dies auszugleichen, bei erwachsenen Hunden nach Durchschneidung der Recurrentes immer frequenter.

Ist das Athmen aber angestrengt, so werden auch hier die schlaffen Stimmbänder wie zwei Ventile bei der Inspiration durch die einströmende Luft aneinandergeklappt, sie nähern sich einander und ohne dabei die Luft soweit abzusperren, dass stärkere Athemnoth entsteht, können sie doch eine schwach zischende Inspiration veranlassen, und bewirken, dass Hunde nach der genannten Operation beim starken Laufen leichter ausser Athem kommen.

Anders bei Kaninchen. Auch hier wird die ruhige Athmung nach Durchschneidung der Recurrentes nicht unmöglich, aber die Stimmritze wird durch die Erschlaffung der Stimmbänder so enge, dass die Dauer der Inspiration im Allgemeinen etwas *verlängert* wird, damit die gehörige Quantität Luft eindringen kann. Sobald aber diese so furchtsamen Thiere nur im Geringsten aufgeregt werden, oft schon wenn sie merken, dass man sich mit ihnen beschäftigt, oder wenn sie durch einen fremden Gegenstand, durch ein Geräusch in ihrer Nähe in Angst gerathen, wird die Respiration so verstärkt, dass die schlaffen Stimmbänder durch die kräftig einströmende Luft wie zwei Ventile gegen einander getrieben werden, und nur eine sehr enge Spalte zwischen sich lassen, durch welche die Luft mit Erzeugung eines lauten sägenden Geräusches nur langsam einströmt. Dies ist um so ausgesprochener, und daher jede Inspiration um so länger, je aufgeregter das Thier. Auch hier wird das Ungenügende jeder einzelnen Inspiration dadurch ersetzt, dass sich die Respirationen rascher *folgen*, dass die Pause zwischen ihnen sich verkürzt, ja ganz verschwindet. Die Zahl der Respirationen in der Minute ist hier nichtsdestoweniger *geringer* als vor der Durchschneidung der Recurrentes, weil die Verlängerung jedes einzelnen Athemzuges in Folge der Verengung des Zuganges so beträchtlich ist, dass sie durch den Wegfall der ohnedies kurzen Pause nur ungenügend corrigirt wird.

Es ist also auch bei Kaninchen, — und dasselbe beobachtete ich bei einigen Katzen — nach Durchschneidung der genannten Nerven die Zahl der Respirationen potentia *vermehrt*, aber actu *vermindert*.

Characteristisch für diese Verminderung der Athemzüge ist der nach dem Obigen leicht zu erklärende Umstand, dass sie, im ruhigen Zustand kaum merklich, um so stärker hervortritt, je mehr das Thier in einen Erregungszustand versetzt wird, in welchem gesunde Thiere ihre Respiration *beschleunigen*. So dass der Effect nach Lähmung der Recurrentes scheinbar der entgegengesetzte vom Normalen ist.

Diese Verhältnisse würden uns hier nicht so ausführlich beschäftigt haben, wenn sie nicht auch gerade so bei Menschen beobachtet würden, deren Trachea pathologisch verengt ist. Auch hier eine scheinbare Verminderung der Athemzüge, die nur auf der nothwendig gewordenen Verlängerung der Respiration beruht, während die Pause (die beim Menschen ohnehin sehr kurz ist) wegfallen kann.

Sehr junge Thiere, bei denen die Knorpel, welche die Stimmritze unterstützen, noch kaum vorhanden sind, werden durch die Durchschneidung beider Recurrentes sehr schnell asphyctisch getödtet, indem die ganz schlaffen Stimmbänder bei der Inspiration sich sogleich vollkommen aneinanderlegen und der Luft den Eintritt verwehren. Hier kann aber eine rasch ausgeführte Tracheotomie den Tod verhindern.

Eine Thatsache auf die *Legallois* schon aufmerksam machte, scheint man in neuerer Zeit ganz ausser Augen gelassen zu haben, wenn man in den meisten Schriften die Behauptung liest, dass die Durchschneidung der Recurrentes um so schneller tödte, je jünger die Thiere, und dies auch auf die Fälle bei Kindern anwenden wollte, wo Drüsenconvolute diese Nerven comprimiren. Die Lähmung dieser Nerven tödtet nur in der *allerfrühesten* Jugend, so lange der Kehlkopf noch in dem foetalen Zustande verharrt. Die Dauer dieses Zeitraums ist bei verschiedenen Thieren sehr ungleich und hört bei manchen schon am Ende der zweiten Woche auf. Bei Katzen dauert sie oft sehr lang.

Sobald aber die Durchschneidung oder Lähmung das Thier nicht mehr sehr schnell asphyktisch macht, ist sie, vorausgesetzt dass man zu häufig sich wiederholende starke Aufregungen verhindert, an und für sich dem Leben *gar nicht mehr* nachtheilig. Ich habe Hunde nach derselben über ein Jahr lang gesund erhalten. Einen Hund sah ich dieselbe sogar 4 Jahre überleben und doch war hier keine Regeneration eingetreten, da ein Stück von $3^1/_2$ Zoll excidirt worden war. Nicht das Alter sondern die Entwicklung des Kehlkopfs ist hier von Einfluss und hierbei kommen auch individuelle Verschiedenheiten, wenigstens bei Hunden, vor.

Nach Durchschneidung aller vier Kehlkopfnerven ist jede Bewegung im Larynx aufgehoben, dennoch aber, und dies ist höchst merkwürdig, wird die Stimmritze beim Schlucken und beim Erbrechen noch durch einen nicht genügend aufgeklärten Mechanismus *geschlossen*. Dies hat *Longet* entdeckt und ich konnte es vielfach bestätigen.

Bei Kaninchen, Katzen und Ratten ist dieser Verschluss zwar weniger vollständig als bei Hunden und Ziegen, aber dennoch genügt er auch bei jenen Thieren beim normalen Schlucken nach Lähmung der Kehlkopfnerven den Eintritt von Speisemassen und Mundflüssigkeit in die Luftröhre zu verhindern. Die Unvollständigkeit des Verschlusses macht sich hier nur geltend, wenn die Thiere beim Fressen gestört werden und so rasch und in Eile noch verschlucken wollen. Der Mechanismus dieses Verschlusses scheint durch die Nerven der Zungenwurzel angeregt zu werden (vergl. meinen Aufsatz im Tübinger Archiv 1850 pag. 625). Er kann sich daher auch bei Hunden nicht gehörig geltend machen, wenn man sie auf den Rücken legt und ihnen Getränk so einschüttet, dass es gleich in den Schlund kommt, ohne an der Zungenwurzel vorüberzugleiten. Weil nach diesem Verfahren bei gelähmten Recurrentes auch

Flüssigkeit in die Trachea der Hunde dringt, hat man mit Unrecht für diese Thiere die Existenz dieses Verschlusses läugnen wollen, der selbst nach Durchschneidung der Vagi den Eintritt von Mundflüssigkeit in die Luftwege bei normalem Schlucken verhindert, und hat auf diese irrige Ansicht eine eigene Theorie über die Entstehung der Lungenveränderung gegründet, die sich in der Regel nach Durchschneidung der Vagi einstellt.

Das Lungenparenchym wird nach Durchschneidung der Vagi am Halse oder gleich nach ihrem Austritt aus dem Schädel sehr bald der Sitz einer *neuroparalytischen Hyperämie*, deren Ausdehnung in hohem Grade wechselt. Die Vagi enthalten nämlich immer, wie dies an geeignetem Orte näher zu erweisen ist, einen grossen Theil der Gefässnerven der Lunge. Je *mehr* dieser Gefässnerven in der Vagusbahn verlaufen, um so *allgemeiner* die Hyperämie, je *jünger* das Thier, um so *schneller* stellt sie sich ein, wie dies bei allen neuroparalytischen Hyperämien der Fall ist. Die sehr ausdehnbaren Lungengefässe erweitern sich, es wird mehr Schleim als normal abgesondert, es entsteht daher sogenanntes Lungenödem und einzelne Stellen der Lunge werden durch die Erschlaffung der Gefässe so blutreich, dass sie wie dunkelrothe Plaquen aussehen. Die Luftbläschen werden nun hier allmählich comprimirt, die Luft wird grösstentheils ausgetrieben und zum Theil durch die abgesonderte Flüssigkeit ersetzt, so dass diese Stellen dem Aufblasen einen grösseren Widerstand als normal entgegensetzen, aber sie bleiben, wenigstens in der ersten Zeit, immer aufblasbar. Da diese Stellen sich bei der kräftigen und langen Inspiration nicht mehr mit Luft erfüllen, werden die Luftbläschen benachbarter Stellen, besonders am Rande der Lappen mehr ausgedehnt, sie werden „emphysematös," wozu auch der Verlust ihrer Contractilität in Folge der Nervenlähmung vielleicht etwas begünstigend beitragen mag (?). Tödtet man die Thiere, nachdem sie mehrere Tage überlebt, so findet man bei der sofortigen Untersuchung auch geronnenes Blut in den Lungengefässen, wie zuerst *Longet* scharf nachgewiesen hat. Bei Hunden konnte ich dies vollkommen bestätigen, bei Kaninchen nur einige Male.

Diese Lungenveränderung, deren weitere Beschreibung nicht hierher gehört, ist schon von den älteren Forschern erkannnt und verschieden gedeutet worden. In neuerer Zeit hat man sie aber vielfach mit Entzündung verwechselt, bis ich (Tübinger Archiv 1847 pag. 690) ihre anatomischen Charactere wieder genauer hervorgehoben.

Ueber die Ursache derselben ist viel gestritten worden, weil man früher den Einfluss der Nerven auf die Gefässe und das Wesen der neuroparalytischen Hyperämie nicht allgemein anerkannt. Vielen Beifall fand eine Hypothese, welche, von einem sonst sehr schätzenswerthen Schriftsteller ausgehend, in derselben eine Entzündung sah, hervorgerufen durch das Eindringen von Mundflüssigkeiten in die Luftwege. Ich habe diese, wie man sieht, auf ganz unrichtigen Voraussetzungen fussende Ansicht in einer grösseren und ausführlicheren Versuchsreihe bereits vor längerer Zeit widerlegt. (Vergl. Tübinger Archiv 1847 pag. 769 und 1850 pag. 625). Die meisten späteren Forscher, die sich experimentell mit dem Gegenstande beschäftigten, haben, zum Theil ohne meine Arbeit genau zu kennen, meine Resultate vollkommen bestätigt, während noch heute einige theoretische Schriftsteller jener unhaltbaren Ansicht mit mehr oder weniger Entschiedenheit das Wort reden, oder sie wenigstens als „möglich" aufstellen.

Was jener Ansicht zur Stütze gedient haben mag, ist der Umstand, dass bei Thieren, deren Kehlkopf beim Schlucken weniger vollständig nach Durchschneidung der recurrentes geschlossen wird, die Lähmung der Vagi *zweierlei* Veränderungen in den Lungen bedingt, auf deren genaue Unterscheidung ich schon in meiner ersten Arbeit 1847 gedrungen habe. Die eine ist die bespro-

chene neuroparalytische Hyperämie, die andere aber, die bei Hunden und Füchsen stets fehlt, ist eine wahre lobuläre Entzündung, die allerdings vom Eindringen der Mundflüssigkeit herrührt, und die auch bei Kaninchen vermieden werden kann, wenn man den Respirationsapparat von der Mundhöhle dadurch abschliesst, dass man nach der Tracheotomie entweder die Luftröhre oberhalb der Oeffnung unterbindet, oder eine Canüle in sie ansetzt, die ihr Lumen vollständig ausfüllt. Es versteht sich von selbst, dass man das Eindringen von Wundsecret in die Canüle auf geeignete Weise vermeiden muss. Hingegen tritt unbestimmte Zeit nach blosser Durchschneidung der Recurrentes *bei Kaninchen* die lobuläre Entzündung isolirt auf und dies um so früher je öfter diese Thiere beim Fressen gestört worden sind, wodurch das Schlucken übereilt und unregelmässig wird.

Man hat auch mehrere mechanische Erklärungsarten für die Entstehung dieser Hyperämie vorgeschlagen, die sich besonders (nach *Reid's* Vorgang) auf den Umstand stützen, dass die Thiere nach Durchschneidung der Vagi seltener und kräftiger athmen. Die Unhaltbarkeit aller dieser Theorien beweist die Beobachtung von *Valentin,* dass auch im Winterschlaf der Murmelthiere Durchschneidung der Vagi diese Hyperämie herbeiführt, obgleich die Athmung an sich schon sehr selten hier durch die Operation nicht wesentlich verändert wird, die Thiere nicht schlucken, keine Mundflüssigkeiten abgesondert werden etc.

Ich habe gefunden, dass bei sehr jungen Thieren mit Tracheotomie die Lungenveränderung zu der Zeit, wo die Athmung noch der normalen am nächsten steht, sich nicht nur erzeugt, sondern viel grössere Fortschritte macht, als in den späteren Stunden, wo die Athmung mehr verändert ist, und sich grosse Beklemmung zeigt.

Bei jungen Hunden, die man bald nach Durchschneidung beider Vagi tödtet und denen man sogleich nach Eröffnung der Brusthöhle das Herz unterbunden hat, werden die Lungen wieder blässer, wenn man die Vagi durch abwechselnd gerichtete rasch unterbrochene galvanische Ströme tetanisirt.

Wie im Halssympathicus die Gefässnerven für das Ohr (Vergl. meine Untersuchungen 1855 pag. 155), so können auch im Vagus die Gefässnerven für die Lungen ganz fehlen und einen anderen Weg nehmen. Wenigstens kommt es in ziemlich seltenen Fällen vor, dass nach Durchschneidung beider Vagi die Lungenentartung ganz oder grösstentheils fehlt.

Hat man nur einen Vagus durchschnitten, so entarten höchstens ganz kleine Stellen, aber — wegen des Austausches der Fasern beider Vagi in den Geflechten hinter den Lungen — in den Lungen beider Körperhälften. Wir werden den wahrscheinlichen Grund, warum hier nicht eine grosse Strecke des Lungenparenchyms entartet, in den Ganglien sehen, in welche die Gefässnerven vor ihrer peripherischen Verbreitung eintreten, und die, wie ich mikroskopisch nach Entartung eines Vagus nachgewiesen, stets Fasern aus den Vagis beider Seiten erhalten. (Vergl. über diese Hypothese Tüb. Archiv 1847 pag. 801, wo auch die eigene Form der Lungenentartung bei Hunden nach Durchschneidung nur eines Vagus beschrieben ist.

Reflectorischer Einfluss des Vagus auf das Athmen. Sehen wir von der noch nicht ganz aufgeklärten motorischen Beziehung der Vagusfasern auf die contractilen Elemente der kleinen Bronchien ab, so ist jetzt noch der Einfluss der durch den Vagus als Gefühlsnerven dem Athmungscentrum mitgetheilten Erregung ins Auge zu fassen. Haben wir diesen Einfluss bestimmt, so lassen sich vielleicht manche Veränderungen erklären, die im Athmungsmechanismus unabhängig von der Lähmung des Kehlkopfs und der Lungenentartung nach Unterbrechung der Vagusbahnen auftreten.

Früher hat man (*M. Hall*) sich der Ansicht zugeneigt, die Athmung würde allein durch die sensibeln Lungenfasern des Vagus angeregt und nach Vagus-

durchschneidung athme das Thier noch fort, weil es *wolle*, so dass wenn man ihm zugleich den Vagus durchschnitte und das Organ des „Willens", das grosse Gehirn, entferne, die Athmung aufhöre. Abgesehen davon, dass die Form der Athembewegung, wie wir sie nach Durchschneidung beider Vagi geschildert, gegen diese Hypothese spricht, wird sie auch noch durch die von *Flourens*, *Longet* und *mir* angestellten Versuche direct widerlegt. Thiere athmen in der That weiter, wenn ihnen grosses Gehirn und beide Vagi zerstört sind. Eine andere Hypothese, welche die Fortdauer des Athmens nach Durchschneidung der Vagi von blosser *Gewohnheit* ohne fernere directe Erregung ableitet, und die viele Freunde gefunden, ist ebenfalls unhaltbar. Denn ich habe gesehen, dass Kaninchen *unmittelbar* nach der Geburt fortathmen, wenn man die Vagi durchschneidet und die Tracheotomie macht. Hier kann sich doch in einer oder zwei Minuten des Lebens ausserhalb des Uterus schwerlich eine Gewohnheit festgesetzt haben.

Wenn man das *centrale* Ende der durchschnittenen Vagi mit nicht zu schwachen unterbrochenen galvanischen Strömen reizt, so steht plötzlich die Respiration still. Dies hat zuerst *Traube* gesehen, (Medic. Vereinszeitung 1847 pag. 20). Denselben Effect hat, wie ich gefunden, eine nachhaltige mechanische Reizung des centralen Stumpfes. Später hat man den Versuch von *Traube* oft wiederholt und hat das Factum allseitig bestätigt, aber die Resultate der Experimentatoren gehen in *einem* wichtigen Punkte auseinander. Die Einen geben nämlich an, der Stillstand erfolge in beharrlichem Zustande der Inspiration, Andere sehen die Athmungswerkzeuge im exspiratorischen Zustande ruhen. Man begreift, dass die Entscheidung dieser Frage insofern von Interesse ist, als der Zustand, in welchem der Thorax bei stärker anhaltender Reizung der centralen Vagusenden verharrt, allein als derjenige betrachtet werden kann, welchen das Centrum, durch die vom Vagus aus zu ihm gelangende Erregung in reflectorische Thätigkeit versetzt, auf active Weise hervorruft. *Aubert* und *Tschischwitz* haben nun so eben die widersprechenden Ansichten dadurch auszusöhnen gesucht, dass sie annahmen, bei schwächeren galvanischen Strömungen stehe das Zwerchfell im Zustande der Inspiration, bei stärkeren hingegen im Zustand der Exspiration still. Allein einerseits geht diese Angabe aus den schönen Versuchen der Breslauer Forscher gar nicht mit Bestimmtheit hervor, andererseits lässt sich auch mit einer solchen Vermittelung theoretisch noch nicht viel anfangen, obschon sie manche Analogien für sich hat. Eine andere Angabe dieser beiden Autoren lässt sich leicht bestätigen, nämlich dass bei starker Erregung der Stillstand die Zeit der Application des galvanischen Reizes immer um einige Secunden überdauert.

Ich habe in meinen noch nicht sehr zahlreichen Versuchen über diesen Gegenstand nicht direct das Zwerchfell, sondern die Hebung und Senkung des Brustkastens in Betracht gezogen, welche man directer und ohne die Störung beobachten kann, welche bei geöffneter Bauchhöhle durch den Luftdruck, bei geschlossener vielleicht durch die Zuckungen der Bauchmuskeln gesetzt wird. Eine lange in den Rippen befestigte Nadel diente als Fühlhebel. Nach stärkerer galvanischer Reizug des centralen Endes beider oder nur eines der durchschnittenen Vagi sah ich stets rasch die *Inspirationsphase* eintreten, und dies blieb constant, wenn ich auch den Reiz ausserordentlich steigerte. Constant war Anfangs eine lange tönende Inspiration, nach welcher die Athembewegung evident aufhörte. Aber je kräftiger der Reiz und je energischer demgemäss die Inspiration, um so rascher erschlaffen die übermässig angespannten Einathmungsmuskeln, langsam sank der Thorax zusammen und liess die Luft austreten, wie wenn das Inspirationsbestreben stets fortdauerte,

aber die Kräfte des Centrums oder der Muskeln nicht hinreichten, den mit allzugrossem Kraftaufwand angenommenen Zustand zu behaupten. Und so kam es denn, dass nach einigen Secunden der Thorax ganz allmählich auf der Exspirationsphase angekommen war, wo er verharrte, bis der Wiederbeginn der Athmung mit einer Inspiration eintrat. War die Reizung schwächer, so konnte sich der weniger energisch eingeleitete Inspirationszustand bis zu ihrem Aufhören erhalten. Es schien mir also nach diesen bei Kaninchen und Meerschweinchen angestellten Versuchen, dass die zur abwechselnden Thätigkeit bestimmten Apparate sehr leicht ermüden, wenn ihnen eine anhaltende zugemuthet wird. Auch der Mensch wäre nicht im Stande, längere Zeit in der Inspirationsphase zu verharren, wenn er nicht durch willkührlichen Verschluss des Larynx der Luft den Austritt verböte, bei Thieren mit durchschnittenen Vagis steht aber der Larynx immer offen. Sehr starke Ströme hatten manchmal die eben beschriebene Wirkung, auch wenn sie beim enthirnten Thier (Meerschweinchen) auf den Hypoglossus oder den zweiten Cervicalnerven angewendet wurden, und zwar war hier die Inspiration dauernder. Es scheint hier eine secundäre Stromeswirkung die Vagusfasern erst nach ihrem Eintritt in die Markmasse zu erregen.

War nur ein Vagus durchschnitten, so *schien* es mir, dass im *Gegensatz* zu den anderen Athmungsmuskeln, diejenigen der *Glottis* der anderen Seite bei starker Erregung des centralen Schnittendes *unmittelbar* in einen exspiratorischen Zustand übergingen. Dies bedarf noch weiterer Untersuchung, da der von mir nicht durchschnittene ramus externus laryngei superioris möglicherweise allein vom musc. cricothyreoideus aus die von mir beobachteten Erscheinungen hatte bewirken können.

Schwächt man die Ströme ab, welche auf das centrale Vagusende einwirken, so beobachtet man, dass bei einem gewissen Grade der Abschwächung die Athembewegungen nicht mehr ganz aufhören, sondern nur *seltener* werden. Die Inspiration ist dabei viel tiefer und es macht den Eindruck, als sei die Ausathmung, (nicht die Pause) verlängert und zugleich erschwert, mühevoller geworden. Schwächt man den Strom immer noch mehr, so werden die Athemzüge nicht seltener, sondern im Gegentheil *häufiger*.

Ist es jetzt schon erlaubt, das Vorhergehende theoretisch zusammenzufassen, so scheint es, dass der Vagus einen reflectorischen Vorgang anregt, der zunächst *Einathmung* bewirkt. Der Vagus ist aber nicht der einzige Nerv, der dies vermag, sonst würde nach seiner Durchschneidung die Respiration aufhören. Noch andere Nerven ausserhalb der Lungen können — aber bei *stärkerer* Erregung als der Vagus — ebenfalls den Respirationsmechanismus in Thätigkeit setzen. Die gewöhnliche Ursache, die als Erregung wirkt, muss sich erst jedesmal in der Respirationspause bis zu einer gewissen Grösse anhäufen. Ist nun der Vagus noch thätig, so wird eine bestimmte Grösse dieser Ursache ihn, als den leichter erregbaren Nerven zur Hervorrufung einer normalen Inspiration bestimmen, welche dem weiteren Wachsen jener Ursache ein Ziel setzt, so dass letztere gar nicht dazu kommt, auf die anderen reflexerregenden Nerven einzuwirken. Sind die Vagi durchschnitten, so muss sich jene Ursache längere Zeit summiren, bis sie das Athembedürfniss erweckt und daher die beträchtliche Verminderung der Respirationszahl. Wie jede Reflexbewegung wird hier die Athmung ganz im Anfange nach Durchschneidung der Vagi schwerer erregt, als später, wenn sich der gleiche Reiz öfter wiederholt, und daher ist im Anfang die Pause länger als einige Zeit später, wo sie abnimmt, bis sie die Lungenveränderung aus anderen später zu prüfenden Ursachen wieder verlängert.

Nun hat jede Reflexbewegung eine bestimmte Form, die mit den einzelnen Nerven wechselt, durch deren Erregung sie hervorgebracht wird. Ein mässiger Inspirationsreiz, der nur durch den Vagus wirkt, scheint die normale Form der Respiration hervorzurufen, wie aber der Reiz so stark wird, dass er auch durch die anderen dazu geeigneten centripetalen Nerven wirkt, so werden die Respirationen energischer, tiefer, und auch die Exspiration wird activ. Nach Durchschneidung der Vagi bleiben nun nur die anderen centripetalen Nerven übrig und daher nimmt die Respiration jetzt die Form an, die sie beim Menschen nur in Zuständen abnorm starker Erregungen erhält. Sie wird kräftig, tief, und von vielen sonst unbetheiligten Muskeln activ mit ausgeführt.

Daher scheint es sich erklären zu lassen, dass die Thiere nach der Durchschneidung der Vagi, trotz der Tracheotomie, einen scheinbaren Widerspruch zwischen der Form und der Häufigkeit der Athmung darbieten, sie athmen *seltener* und doch sonderbarer Weise so, wie wenn sie in Athemnoth wären und wie wenn das Athembedürfniss bei ihnen aufs höchste gestiegen wäre. Aber dies Alles ist, ich wiederhole es, nicht meine *Meinung*, es ist nur ein mögliches *Theorem*.

Eine solche Veränderung des Athmungsmechanismus wie sie durch die Lähmung der beiden Vagi hervorgerufen wird, die Lungenhyperämie, welche später dazu kommt, wird natürlich nicht ohne Einfluss auf das Volum der aufgenommenen Luftmenge und auch die chemische Umwandlung derselben beim Athmen bleiben können. Diese secundären Folgen der Vaguslähmung werden aber besser im Zusammenhang mit der Lehre von der Respiration studirt.

Einfluss auf die Stimme. Insofern der Vagus alle Bewegungen des Larynx beherrscht, die nicht beim Schlucken secundär hervorgerufen werden, hat er auch den wesentlichsten Einfluss auf die Stimme, welche bei erwachsenen und bei neugeborenen Thieren nach seiner Durchschneidung am Halse gänzlich unterdrückt ist. Durchschneidung nur eines Vagus macht die Stimme heiser.

Der Laryngeus superior hat auf die Stimme (wenigstens bei Hunden und Katzen) wie *Longet* gezeigt hat, dadurch einen entschiedenen Einfluss, dass er mittelst seines äusseren Astes die Bewegung des Musc. cricothyreoideus vermittelt. Der Ringknorpel wird, wie man leicht sehen kann, beim Schreien vorn in die Höhe gezogen, so dass sein oberer Rand sich schief nach innen stellt und unter den Schildknorpel verbirgt, sein unterer vorderer Rand sich schief nach aussen und oben begibt. Durch diese Bewegungen stellt sich die nach hinten gekehrte Hälfte des Ringes, welche die Giesskannenknorpel trägt, mehr nach unten und mit ihrem oberen Rand etwas nach hinten, so dass die Stimmbänder etwas gespannt werden. Diese schwache Spannung ist es, welche nach Durchschneidung der Laryngei inferiores noch vorhanden sein kann. Sie genügt nicht für sich allein einen Ton möglich zu machen, aber wenn sie fehlt, wird die Stimme sehr rauh.

Diese Rauhigkeit der Stimme ist natürlich nur dann vorhanden, wenn man den hoch abgehenden äusseren Ast des laryngei mit durchschnitten hat und sie wurde daher von einigen Autoren vermisst, die in der Meinung, den ganzen Laryngeus superior gefasst zu haben, nur dessen inneren Ast getrennt haben.

Der Laryngeus recurrens ist der wesentlichste Stimmnerv, seine Durchschneidung bedingt völlige Stimmlosigkeit, ausser bei halberwachsenen Hunden, die nach derselben noch mit grosser Mühe sehr hohe Töne hervorbringen können. Auch diese Angabe von *Longet* habe ich vielfach bestätigt.

Wenn die Thiere nach Lähmung beider Recurrentes schreien wollen, so erzeugt sich bei ihnen nur ein mehr oder weniger lautes rauhes Blasen, das unter den von mir untersuchten Thieren am lautesten bei Ziegen hervortrat, wo es durch den engen Larynx begünstigt wird. Katzen behalten, wenn sie überleben, auch noch in diesem lautlosen Blasen das characteristische des Miauens, obschon kein eigentlicherTon gehört wird.

Wir haben nun, nachdem wir den Einfluss des Vagusstammes auf die mechanischen Acte der Athmung kennen gelernt, zu untersuchen, welche Rolle dabei dem eigentlichen Vagus, welche seiner Verbindung mit dem Accessorius zukommt. *Bernard* hat im Jahre 1844 zuerst gelehrt, den Accessorius vom Vagus vollständig und ohne Gefährdung des Lebens dadurch abzutrennen, dass man dem ramus exsternus des Accessorius bis in die Nähe der Schädelbasis folgend, denselben unmittelbar da fasst, wo er sich dem Vagus anlegt, und ihn durch einen stetigen Zug aus der Schädelhöhle mit seinen einzelnen Würzelchen herauszieht. Dabei gelingt es häufig, auch alle Fäden mit abzureissen, die hoch oben in den Vagus eintreten. Die Section muss aber immer nachweisen, dass der Versuch vollständig geglückt ist. Es können, wenn man es nach den Symptomen gar nicht vermuthet, noch einzelne Fäden des Accessorius die hoch oben in den Vagus eingehen, geschont sein, und ich habe dies selbst bei der Untersuchung von Thieren gesehen, bei welchen die Operation für ganz gelungen ausgegeben wurde. Ueber die Schwierigkeit der Unterscheidung der obersten Accessoriuswurzeln von den Fäden des Vagus und über die Unregelmässigkeiten, welche bei der Vereinigung des inneren Astes des Accessorius mit dem Vagus vorkommen können, vergl. *Solinville* (praeside *Arnold*) Descriptio nervi pneumogastrici. Zürich 1838. *Valentin,* de functionibus nervorum pag. 45. *Spence* in Pagets Bericht über Anatomie und Physiologie. Augsburg 1846 pag. 147.

In anderer Beziehung sind für diese Versuche sehr lehrreich die Abbildungen von *Bischoff*. Nervi accessorii anatomia et physiol. Heidelb. 1832.

Ist der Accessorius ausschliesslich Stimmnerv? Mit Recht hat *Bernard* den unteren spinalen Wurzeln des Accessorius, die man isolirt abtrennen kann, allen merklichen Einfluss auf den Larynx abgesprochen, sie stehen, so viel man bestimmt erkennen kann, nur den Bewegungen der Muskeln vor, zu denen sich der äussere Ast begibt. Nur die vom verlängerten Mark (über dem Calamus) abgehenden Wurzeln beherrschen die Bewegungen der Stimmritze.

Hier zeigt es sich aber, dass je mehr von diesen bulbären Wurzeln abgetrennt werden, um so vollständiger die Muskeln des Larynx gelähmt werden, ohne dass es möglich ist, bestimmten Wurzeln eine besondere Beziehung zu gewissen Kehlkopfmuskeln zu vindiciren.

Ist es gelungen, die beiden Accessorii *vollständig* zu exstirpiren, (ich habe den Versuch bei Hunden, Katzen, Kaninchen und Ziegen angestellt) so sind die Bewegungen im Kehlkopf gerade so gelähmt, wie wenn man den Nervus recurrens durchschnitten hätte. Es zeigen sich bei den verschiedenen Thieren ganz dieselben Folgeerscheinungen. Die Stimme ist verloren, die nicht mehr gespannten Stimmbänder erzeugen bei Kaninchen während kräftiger Inspiration ganz dasselbe Sägegeräusch, dessen wir oben erwähnt haben. Die Stimmritze ist wie dort bei der Inspiration enger, bei der Exspiration weiter als normal. Alle Controlversuche, die ich sowohl allein, als in Gegenwart verschiedener Gelehrten oft wiederholt habe, beweisen vollständig, dass *alle respiratorischen und phonetischen Bewegungen des Larynx nur vom Accessorius abhängen.* Am Besten sieht man, dass der Recurrens im Larynx gar keine anderen Bewegungen ver-

mittelt, als solche, welche vom Accessorius ausgehen, wenn man auf einer Seite den letzteren (aber vollständig) auszieht, die Stimmritze blosslegt und dann auf der anderen Seite den Recurrens durchschneidet. Es wird jetzt nicht der geringste Unterschied zwischen der einen und der anderen Hälfte der Glottis zu bemerken sein.

Leider muss ich nach dem Resultate dieser Versuche einer Theorie widersprechen, die in Frankreich vielen Beifall gefunden und die auch in deutschen Schriften oft wiederholt wird. Nach derselben soll der Accessorius nur der Stimmbewegung und nicht der respiratorischen des Larynx vorstehen. Es ist sicher, dass nach Exstirpation des Accessorius die Stimmritze nicht, wie behauptet worden, offen stehen bleibt, sondern sich gerade so verengt, wie nach dem Tode, wo sie bei älteren Katzen, Ziegen u. s. w. auch nicht der Luft den Eingang verwehrt. Dass Lähmung des Accessorius bei Kaninchen während forcirter Inspiration dasselbe Sägegeräusch erzeugt, wie die Durchschneidung der Recurrentes, ist dem Urheber jener Theorie nicht entgangen, aber er glaubt dass dieses Geräusch in beiden Fällen einen ganz verschiedenen Ursprung habe. Die Art der Entstehung, die ihm nach Accessoriuslähmung zugeschrieben wurde, ist aber geradezu physicalisch unmöglich. Dass bei sehr jungen Thieren, die nach Lähmung der Recurrentes asphyktisch werden, die vollständige Ausziehung des Accessorius diesen Erfolg nicht habe, ist durch die für diese Behauptung angeführten Experimente nicht erwiesen.[1]) Dass aber die Stimmbänder, wenn man nach Ausreissung der Accessorii die beiden Vagi durchschneidet, plötzlich bei der Inspiration mehr genähert werden, kommt nur daher, dass jetzt die Inspiration plötzlich tiefer wird, so dass sie durch den starken Luftstrom mehr als vorher an einander geklappt werden. Hat man nach der ersten Operation an den Accessoriis die Luftröhre (mit Schonung der Recurrentes) quer durchschnitten, so dass das Thier nur durch das untere Segment athmet, so bringt jetzt Durchschneidung der Vagi durchaus keine Veränderung in der Stimmritze mehr hervor.

Ausziehen der Accessorii hindert nicht, dass durch die Wirkung der Pharynxmuskeln sich beim Schlucken und Erbrechen die Stimmritzenbänder an einander legen, so wenig wie dies die Durchschneidung der Kehlkopfnerven thut.

Man hat das Gegentheil dieses Satzes behauptet, indem man die Wirkung des Pharynxastes des Accessorius darauf reduciren wollte, jenen Verschluss hervorzurufen. Dieser Irrthum kommt daher, dass man bis jetzt nur an solchen Thieren den Accessorius ausgezogen, bei denen nach Lähmung des Recurrens, wie wir oben zeigten, jener Verschluss nicht fehlt, sondern unvollständig ist. Die directe Beobachtung, die vernachlässigt worden zu sein scheint, hätte aber auch bei diesen Thieren gelehrt, dass der Verschluss ganz ebenso geschieht, wie nach Durchschneidung der Vagi oder der Recurrentes. Seit 1846 habe ich schon gezeigt, dass bei diesen Thieren die Durchschneidung des Recurrens beider Seiten ganz allmählich zu einer Lungenentzündung führen kann, weil manchmal Speisereste in die Lungen gelangen. Und in diesen Fällen ist der Ramus pharyngeus des Accessorius, dem diese Theorie eine neue Rolle zuertheilt, ganz und gar nicht beeinträchtigt. Gerade so und nicht anders ist es nach Lähmung der Accessorii. Aber Hunde, bei denen dort der Verschluss noch vollständiger ist, ertragen, wie ich oft gesehen, das Ausziehen der Accessorii sehr gut und können Monate lang ungestört überleben. Man würde jene Ansicht sicher nicht aufgestellt haben, wenn man es nicht gescheut hätte, den Versuch an Hunden zu machen, wo er freilich viel schwieriger ist und sehr häufig misslingt.

---

[1]) Gerade wie es nach Durchschneidung der Recurrentes häufig vorkommt, (vergl. Fowelin de causa mortis post vagis dissectis, Dorpat, 1851) sah ich auch noch mittelgrosse Katzen nach Ausziehen der Accessorii manchmal plötzlich zu Grunde gehen

Abgesehen von der eben erwähnten, nur bei einigen Thieren spät sich einstellenden Lungenentzündung, bewirkt Ausziehen der Accessorii keine Lungenhyperämie und kein Emphysen. Die vasomotorischen Nerven für die Lungen und die Bronchien gehören daher dem Vagus an und sind auch nicht, wie sich speciell nachweisen lässt, in dessen Plexus ganglioformis entstanden. Sie kommen ihm nicht aus Anastomosen mit anderen Nerven.

Die Ausziehung der Accessorii verändert den Athmungsrhythmus nicht anders, wie die Durchschneidung der Recurrentes und sie haben keinen Einfluss auf die Sensibilität der Athmungsorgane.

Der Einfluss der Accessorii auf die Contraction der Bronchien ist noch weiter zu erforschen. Die bis jetzt angestellten Reizversuche am Vagusstamm, nachdem die Accessoriusfasern desorganisirt waren, ergaben mir bloss negative Resultate.

Auf die Sistirung der Athembewegungen nach Reizung des centralen Endes der durchschnittenen Vagi ist die Desorganisation der Accessoriusfasern nur in so fern von Einfluss, als hierdurch die Glottis unbeweglich bleibt.

Einfluss auf die Circulation.

Abgesehen von den Gefässnerven, die der Vagus zur Lunge führt und von denjenigen Gefässnerven, die bei manchen Thieren in seinem Stamm rückläufig zum Kopfe aufsteigen, übt der Vagus einen sehr wichtigen Bewegungseinfluss auf das *Herz*.

Derselbe ist vielleicht der einzige, jedenfalls der bei weitem wichtigste *Bewegungsnerv des Herzens*.

Aber die Herzfasern des Vagus gehören, wie viele motorische Nerven rhythmisch sich bewegender Organe, zu den sehr erschöpfbaren Nerven, ja sie sind, wie ich gesehen, die am leichtesten erschöpfbaren unter allen bis jetzt geprüften.

Wir haben oben pag. 187 unter der Aufschrift „Hemmungsnerven" schon von den wichtigsten Eigenthümlichkeiten dieser Nerven gehandelt. Eine specielle Aufzählung der einzelnen Thatsachen kann nur bei der Physiologie des Herzens gegeben werden. Man findet die wesentlichsten Facta angegeben und beurtheilt in meinen Arbeiten über die Nerven des Herzens (Tübinger Archiv 1849 und 1850).

Da dem Plane der rhythmischen Thätigkeit gemäss, der beim Herzen am strengsten eingehalten ist, jede Erregung der Herznerven ihre Erregbarkeit eine bestimmte Zeit lang so abstumpft, dass fernere Reize unwirksam bleiben, wie dies in den angeführten Arbeiten nachgewiesen ist, so dürfen wir nicht erwarten, dass eine auch noch so gehörig abgeschwächte, noch wirksame Erregung des Vagus einen Tetanus des Herzens hervorrufe. Dass es einen solchen gar nicht gibt, und dass, was man dafür gehalten, blosse idiomusculäre Contraction ist, habe ich schon seit 1846 nachgewiesen. Auch eine *sehr grosse* Vermehrung der Pulsationen würde die gesetzmässige im kräftigen gesunden Thier sich nahezu stets gleichbleibende Dauer der Pause unmöglich machen, und darf also nicht erwartet werden. Aber dies ist durch 136 übereinstimmende Versuche nachgewiesen, dass eine schwache galvanische, mechanische oder chemische Reizung des Vagus den Herzschlag merklich *vermehrt*, dass diese Vermehrung mit der geeigneten Reizung beginnt und mit ihr aufhört.

So wie aber die Reizung etwas intensiver wird, beginnen die Erscheinungen der Erschöpfung, wie sie oben pag. 182 angegeben sind.

Der Herzschlag wird seltener, und wenn die Reizung noch stärker ist, (und dabei kann sie noch für andere Nerven verhältnissmässig schwach sein) bleibt das Herz in Diastole stehen, so lange der wirksame Reiz anhält, ohne das ihm direct ausgesetzte Nervenstück unempfänglich zu machen.

Weber und *Budge* haben 1846 gefunden, dass eine ihrer Ansicht nach „erregende" galvanische Reizung des Vagus das Herz in Diastole stehen bleiben lässt. *Budge* und ich fanden 1847, dass die Galvanisirung eines Vagus hierzu hinreicht. Ich habe ferner damals gesehen, dass auch *starke* mechanische, chemische Reizung der Vagi oder des verlängerten Markes denselben Effect hervorruft und *Brown-Sequard* hat dies später für mechanische Reizung bestätigt. Die meisten Autoren, welche die grosse Erschöpfbarkeit des Herzvagus nicht kannten, haben in diesem Versuch eine *Bethätigung* seiner Function sehen wollen und ohne sich auf eine weitere Erklärung ihrer paradoxen Behauptung einzulassen, erklärten sie den Vagus für einen sogenannten „Hemmungsnerven" des Herzens. Diese Ansicht war aber durchaus unhaltbar, seitdem nachgewiesen war, dass man nur den Reiz, dessen man sich bediente, noch mehr abzuschwächen braucht, um eine Vermehrung der Herzthätigkeit zu erzeugen.

Auch noch auf eine andere Art habe ich, und zwar schon in meinen ersten Versuchen, nachgewiesen, dass der Stillstand des Herzens nicht, wie man es geglaubt hatte, eine Function der höchsten Bethätigung des Herzvagus sein könne. Man hat nämlich zugegeben, dass ein Grad der Reizung, der schon genügt, die Larynxmuskeln und den Magen vom Vagus aus in anhaltende Thätigkeit zu versetzen, noch nicht so stark zu sein braucht, um vollständigen Stillstand des Herzens herbeizuführen, sondern nur eine Verlangsamung seiner Schläge bewirkt, und dass erst bei noch weiterer Verstärkung des Reizes diese Verlangsamung in Stillstand übergehe. Nach dem eben Erwähnten würde also, die Hemmungshypothese zugestanden, ein Reiz, welcher so mächtig ist, dass er sehr bald die Wirkung des Vagus auf Kehlkopf und Magen erschöpft hat, schwerlich mehr fähig sein, noch über die Dauer der anderen motorischen Vaguswirkungen hinaus den Stillstand des Herzens noch eine Zeit lang *unverändert* zu erhalten. Hatte ich nun eben getödteten Thieren Vagus, Herz, Stimmritze und Magen blossgelegt und galvanisirte ich die Vagi mit sehr mächtigen Strömen der sehr genäherten Pole eines starken Inductionsapparates, so stand das Herz still und die Larynxmuskeln zogen sich tetanisch zusammen, der Magen und Darm bewegte sich. Sehr bald aber hatte der übermässige Reiz die Wirkung auf Darm und Larynx gelähmt, während das Herz immer noch stillstand. Wenn ich in einigen Versuchen die Drähte jetzt plötzlich entfernte, fing das Herz sogleich wieder zu schlagen an. Da andere bekannte Versuche ergeben hatten, dass der Herzvagus wirklich erschöpfbarer ist, als die motorischen Aeste, die aus demselben Stamm zu Kehlkopf und Magen gehen, so wäre es widersinnig, unter dem fortgesetzten Einflusse eines Reizes, der letztere schon erschöpft hat, dem Herzvagus noch anhaltend das Maximum seiner *Thätigkeit* zuzuschreiben. Das „Maximum" sage ich, gerade weil zugestandenermaassen die Erhaltung des vollkommenen Herzstillstandes eine grössere Erregung voraussetzt, als die Hervorrufung der anderen Bewegungen, die von Vagusästen abhängen.

Bei Berücksichtigung dieser schon lange veröffentlichten Versuche würde sicher ein Einwurf unterblieben sein, der meinen Ansichten von competenter Seite gemacht wurde und welcher wesentlich, wie es scheint, von solchen Experimenten den *entgegengesetzten* Erfolg von demjenigen voraussetzt, welchen sie in der That gezeigt haben.

Es ist hier nicht der Ort, mich noch auf eine Besprechung mancher anderen Einwürfe einzulassen, welche, so viel sie mir bis jetzt bekannt geworden sind, durch das Studium meiner Herzarbeiten sich von selbst widerlegen. Es lässt sich nachweisen, dass Manche, die jene Arbeiten besprochen, ja die sie sogar zum Gegenstand besonderer Abhandlungen gemacht haben, sie nicht einmal vollständig gelesen und dieselben höchstens aus Referaten kannten. Allerdings sind meine Aufsätze über die Herznerven etwas lang, man wird dies ihnen aber nicht zum Vorwurf machen, wenn man weiss, dass sie auf mehr als 500 Experimenten beruhen.

Man hat auch behauptet, das Herz stünde nach Gavanisirung der Vagi deshalb still, weil im Vagus die Nerven für die Herzgefässe enthalten seien, so dass der Reiz diese verenge und mit dem Kreislauf im Herzmuskel die Thätigkeit desselben aufhebe. Abgesehen davon, dass ich schon lange gezeigt habe, dass Unterbindung der Arteriae coronariae das Herz junger Säugethiere nicht sogleich stillstehen macht,[1]) habe ich diese Theorie schon vor ihrer Entstehung dadurch widerlegt, dass ich bei dazu geeigneten Amphibien alle Herzarterien durchschnitten habe. Das fortschlagende Herz wurde nun vom verlängerten Mark aus nicht ein Mal, sondern mehrere Male zum Stillstand gebracht.

Nach den obigen Erörterungen über die sogenannten Hemmungsnerven (vgl. pag. 190) versteht es sich von selbst, dass ein erschöpfender Reiz, der anhaltenden Stillstand des Herzens bewirken soll, sich nicht so häufig und rasch zu wiederholen braucht, wie wenn er einen Extremitätenmuskel tetanisiren sollte; da die erschöpften Herznerven immer einige Zeit brauchen, um sich wieder zu restituiren — und hierauf beruht ja das Rhythmische der Herzthätigkeit — so genügt es, wenn der neue Reiz eingreift, ehe die Nachwirkung des früheren ganz vorüber ist. Die Intermittenz der sich folgenden Reize kann daher auffallend gross sein, ohne dass die einförmige Diastole unterbrochen wird.

Ist auch der Vagus der Bewegungsnerv des Herzens, so wäre es eine gänzliche Verkennung der Aufgabe der motorischen Nerven, wenn man erwartete, das Herz würde nach seiner doppelseitigen Durchschneidung zu schlagen aufhören. Dies geht schon aus den oben pag. 180 gegebenen Erörterungen über die Function der Bewegungsnerven und ihren Einfluss auf die Nervenenden im Muskel hervor. Aber das Herz bewahrt auch nach der Vagusdurchschneidung seine normale rhythmische und typische Thätigkeit, weil dieselbe nicht durch Reflexe von den Centralorganen her unterhalten zu werden braucht. Thatsachen, die hier nicht darzulegen sind, weisen darauf hin, dass der Rhythmus des Herzens in der grossen Erschöpfbarkeit der Herznerven begründet ist, während das Herz die Ursache seines Typus in seiner ganzen anatomischen Anordnung unabhängig von allen Ganglien, welche man hier wieder zu Hülfe gezogen — trägt. Was hier noch zu erklären bleibt, ist weniger, warum das von den Centren abgetrennte Herz fortschlägt, als warum es nicht länger fortschlägt, als dies bisher beobachtet wurde.

Nun hat aber das Experiment bei warmblütigen Thieren seit langer Zeit eine andere merkwürdige Thatsache gezeigt. Nach Durchschneidung der Vagi schlägt das Herz bei weitem frequenter als vorher. Dies ist noch nicht genügend erklärt. Es kommt nicht von den sichtbaren Veränderungen in der Respiration, wenigstens konnte ich bei mir keinen vermehrten Puls erzeugen, als ich einige Zeit den Athmungsmodus eines Thieres mit durchschnittenen Vagis nachahmte. Eben so wenig aber steht, wie früher einige Schriftsteller vermutheten, und jetzt noch theilweise gelehrt wird, diese Thatsache mit der vermeintlichen Hemmungsfunction in Zusammenhang. Man glaubte, da es einmal die Aufgabe des Vagus sein sollte, die Thätigkeit des Herzens zu hemmen, so sei es sehr natürlich, dass nach Wegfall des „hemmenden“ Nerven das Herz viel schneller schlage, ja es wurde behauptet, dass es dann so unmässig thätig würde, dass es endlich alle seine Kraft aufreibe! Auf der anderen Seite sah man in der uns jetzt beschäftigenden Thatsache einen neuen Grund, den Glauben an eine hemmende Wirkung der Vagi zu stützen.

Schon in früherer Zeit habe ich indessen ausgesprochen, dass die Fähigkeit der Vagi bei starker Reizung das Herz in Stillstand zu ver-

---

[1]) Vergl. auch *Erichsen,* London medical Gaz. 1842.

setzen, und die Vermehrung der Herzschläge nach ihrer Durchschneidung ganz und gar unabhängig von einander seien. Ich stützte mich auf die seitdem von *Armand Moreau* bestätigte Erfahrung, dass bei Fröschen, an denen die angeblich hemmende Wirkung gerade entdeckt wurde, die Lähmung der Vagi (nach vorgenommener Laryngotomie) den Herzschlag nicht beschleunige. Jetzt ist es aber auch gelungen, meine Behauptung selbst an Säugethieren klar nachzuweisen.

Dies führt uns zunächst auf die interessante Frage, von welchem Nerven, ob vom Vagus oder Accessorius die bewegende Wirkung auf's Herz eigentlich ausgehe. *Waller* hat die Beobachtung gemacht, dass, wenn man einem Säugethier beide Accessorii ausgerissen, nach einigen Tagen, wenn die Reizbarkeit der Accessoriusfasern am Halse erloschen ist, galvanische Erregung des Vagus das Herz nicht mehr zum Stillstande bringt. Ich habe den Versuch mehrmals mit demselben Erfolg wiederholt. Ich habe gesehen, dass wenn man nur *einen* Accessorius ausreisst, nur der Vagus der entsprechenden Seite die sogenannte hemmende Wirkung verliert, während sie der andere noch behält. Dies zeigt nur, dass die Bewegungsnerven des Herzens vom 11ten Hirnnerven kommen. Ich habe nun den Versuch so gemacht, dass ich einige Zeit nachdem beide Accessorii ausgerissen waren, so dass der Vagus nicht mehr im Stande war, auf noch so starken Reiz die Bewegung des Herzens zu hemmen, beide Vagi durchschnitt. Der Herzschlag, vor dem *zweiten* Versuche *normal*, zeigte jetzt die ausserordentliche Frequenz, wie sie nach der Vagusdurchschneidung allgemein wahrgenommen wurde [1]). Es ist hiermit auch zugleich bewiesen, dass es nicht der Wundreiz im peripherischen Stück des durchschnittenen Nerven ist, der den Puls vermehrt, da doch hier im durchschnittenen Stamm die Bewegungsnerven des Herzens nicht mehr reizbar waren.

Einige Zeit nach Durchschneidung der Vagi hat man eine Herabsetzung des Druckes im Arteriensystem wahrgenommen. Wenn ein einziger Versuch an einer Ziege, den ich in dieser Beziehung gemacht habe, Zutrauen verdient, so hängt auch diese Verminderung des Druckes von der Lähmung der Accessorii — und nicht des Vagus — ab.

Einfluss auf das Verdauungssystem.

Von diesem ist nur im Allgemeinen zu erwähnen, dass Reizung des Vagus Bewegungen im Pharynx, (im weichen Gaumen?) im Oesophagus, im Magen und im Darm bewirkt, dass seine Durchschneidung am Halse das Schlingen erschwert, die Bewegungen des Oesophagus bei einigen Thieren (Kaninchen) lähmt, bei anderen (Hund) nur etwas beeinträchtigt, was wahrscheinlich mit der verschiedenen Structur der Muskeln dieses Theiles zusammenhängt; dass die Magenbewegungen in Folge der Vaguslähmung zwar beschränkt, aber nicht *nothwendig* in dem Grade aufgehoben werden, dass die Weiterbeförderung des Chymus in den Darm behindert ist, dass endlich diese Lähmung auf die Bewegung des Darmes keinen erkennbaren Einfluss ausübt.

Reizung des centralen Endes eines durchschnittenen Vagus bewirkt starke Bewegungen der Bauchmuskeln, welche zu Erbrechen führen können. *(Remack.)*

Erbrechen kann auch noch nach Durchschneidung eines Vagus, und zwar sehr häufig nach dem Fressen, dadurch entstehen, dass in Folge des

---

[1]) Und dies beweist gerade, dass die Vermehrung des Pulses nach der Durchschneidung unabhängig ist von der sog. „Hemmungswirkung“, welche hier fehlte.

unvollkommenen Schluckens Speisereste im Pharynx zurückbleiben, welche in der Gegend der Stimmritze als kitzelnde Reize wirken.

Durchschneidung beider Vagi hat ebenfalls häufig Erbrechen zur Folge, am meisten gerade bei Meerschweinchen, die sonst nie erbrechen können. Diese Störung hat einen doppelten Grund.

Die ersten Tage nach dem Versuche kann nämlich der Magen ganz passiv dadurch nach oben entleert werden, dass in Folge der Lähmung der Verschluss der Cardia nachgelassen hat, während bei den heftigen Exspirationsbewegungen starke Druckkräfte von Seiten der Bauchwände auf den Magen wirken.

In späterer Zeit kann, wenn die Thiere wieder fressen, Erbrechen dadurch entstehen, dass wie nach Durchschneidung eines Vagus hoch oben, hier die Durchschneidung beider *am Halse*, durch Schonung der N. laryngei superiores die Sensibilität des Schlundes geschont hat. Die durch das unvollständige Schlucken zurückgebliebenen Speisereste wirken auch hier reflectorisch.

Das Erbrechen der ersteren Art kommt in der Regel ganz plötzlich, dem zweiten gehen längere Vomituritionen vorher.

Ein scheinbares Erbrechen verurscht bei manchen Thieren die Ueberfüllung des gelähmten Oesophagus, der sich nicht in den Magen entleert.

Auf die chemischen Verdauungsthätigkeiten wirkt die Vagusdurchschneidung nur wie jede andere sehr schwere und eingreifende Operation. Sie werden anfangs theilweise gehemmt, weil die Absonderungen bei dem heftigen Fieber leiden, erholt sich das Thier, so kann trotz der fortbestehenden Lähmung der Vagi die Verdauung wieder normal werden.

Durchschneidet man die zum Magen gehenden Vaguszweige unterhalb der Lungenäste, so greift dies die Thiere im Allgemeinen weniger an und dann soll auch in der That nach der Versicherung mehrerer Experimentatoren die Verdauung wenig oder gar nicht leiden.

Es ist sicher und ich habe mich selbst mehrfach davon überzeugt, dass die Durchschneidung beider Vagi nicht, wie man behauptet hat, die Absonderung eines sauren Magensaftes hemmt. Auch lässt sie, wie ich gesehen, dem Speichel und dem Pankreas ihre mehlverdauende Kraft.

Auch auf die Absonderung des Leberamylums hat die Durchschneidung der Vagi, wie ich mich bestimmt überzeugte, keinen anderen Einfluss als jede eingreifende Operation. Wenn sich das Thier erholt, so zeigt die Leber Zucker trotz der Vaguslähmung.

Der Vagus hat keine vasomotorische Nerven für den Magen, der nicht, wie man früher hie und da annahm, nach der Durchschneidung des Vaguspaares hyperämisch wird.

Hunger- und Durstgefühl sind nicht von der Integrität des Vagus abhängig.

Andere hierhergehörige Beobachtungen finden sich in der schönen Arbeit von *Nasse*, Archiv für gemeinschaftl. Arbeiten Bd. II, pag. 327.

Fragen wir nun, wie weit die hier zuletzt berührten Vorgänge vom Vagus oder Accessorius abhängen, so stellt sich die Antwort folgendermaassen:

Die Bewegungen im Pharynx und im Oesophagus hängen vom eigentlichen Vagus ab, hingegen die Fasern, deren Erregung Magen und Darm bewegt, stammen vom Accessorius.

Wenn man nach Ausreissung der Accessorii Schlingbeschwerden beobachtet hat, so gilt dies, wie ich aus langer Beobachtung entnehme, nicht für Hunde, sondern nur für solche Thiere, bei denen nach Lähmung des Recurrens die Stimmritze

unvollständig geschlossen wird. Werden diese Thiere beim Fressen gestört, so kommen Beschwerden nicht von unvollständigem Schlucken, sondern von Reizung des Larynx beim übereilten Verschlingen.

Die Durchschneidung beider Vagi ist eine sehr eingreifende Operation, welche selbst die kräftigsten Hunde gewöhnlich nur bis zum vierten oder fünften Tage, Kaninchen noch kürzere Zeit, überleben, doch sind einige Fälle bekannt geworden, in denen sich Hunde nach der Operation erholt und dann sogar Monate lang fortgelebt haben. Dies sind seltene Ausnahmen. Die Todesursache ist noch nicht für alle Fälle sicher gestellt, doch finden sich in jedem einzelnen Falle, wie wir gesehen, Störungen genug, die das Leben gefährden. Am schnellsten sterben junge Thiere in Folge der rasch eintretenden Lungenaffection.

Die Lähmung beider Vagi bedingt stets grosse Abmagerung, ein allgemeines Siechthum mit Störungen in der Ernährung, Fieber und Sinken der thierischen Wärme. Wir kennen den ursächlichen Zusammenhang dieser Erscheinungen nur unvollkommen und *Nasse*, dessen oben citirter Aufsatz in dieser Beziehung viele schätzenswerthe Details enthält, hat auf eine Veränderung des Blutes aufmerksam gemacht, welche auch nach Lähmung eines Vagus auftritt. Das Blut zeigte sich nach einiger Zeit ärmer an Zellen, reicher an Albumin und Wasser.

Die Durchschneidung eines Vagus ist keine tödtliche Operation, nur sehr junge Hunde sah ich manchmal an ihr und zwar mit ausgedehntem Lungenödem zu Grunde gehen. Kaninchen starben zwar nur zum Theil nach derselben, aber wahrscheinlich nur in Folge von Nebenverhältnissen, da ich in einer Reihe von Controllversuchen die Sterblichkeit nach der an sich unbedeutenden Durchschneidung des Nervus cervicalis auricularis beinahe eben so gross gefunden habe.

Der Vagus muss als ursprünglich motorischer Nerv betrachtet werden, da er Bewegungsfasern für Schlundkopf und Speiseröhre enthält, wesentlich aber führt er sensibele und motorische Fäden.

Der Accessorius ist die wichtigste Quelle der im Vagusstamm enthaltenen motorischen Fasern, er führt zwar sensibele Fasern, aber dieselben stammen nicht aus seinen Wurzeln. Ueber seine rückläufige Sensibilität im Wirbelcanal ist bereits gesprochen. (Vergl. pag. 147). Ausserhalb desselben verleihen ihm die Cervicalnerven und vielleicht der Vagus sensibele Fasern, die sowohl gegen das Centrum hin, als gegen die Peripherie laufen, dies ist von *Bernard* gefunden und leicht zu bestätigen.

Ueber die Sensibilität des Vagus war schon im Allgemeinen pag. 149 die Rede. Er ist bei kräftigen Thieren, wie ich gegen *Bernard* behaupten muss, an keiner Stelle seines Verlaufes unempfindlich. Sein sensibelster Ast ist der Laryngeus superior, oberhalb des Austrittes des Letzteren zeigt sich auch der Stamm in hohem Grade empfindlich.

XII. Nervus hypoglossus.

Er ist ein reiner Bewegungsnerv, der aber schon an seiner Wurzel rückläufige sensibele Fasern aus den ersten Spinalnerven führt.

Sein Stamm bis etwa zum Niveau des Kieferwinkels verhält sich in Bezug auf seine stets vorhandene Sensibilität in so fern variabel, als ich bei einigen Individuen bloss geradläufige Sensibilität erkennen konnte. Die hier befindlichen rückläufigen sensibeln Fasern kommen wesentlich aus dem Trigeminus, die geradläufigen aus den Cervicalnerven und wahrscheinlich zum Theil aus dem Vagus.

Jenseits des Kieferwinkels geradläufige Sensibilität aus dem Trigeminus. Vielleicht auch noch, was ich nicht genauer untersucht habe, in einigen Fällen aus den Cervicalnerven.

Der Hypoglossus ist der einzige Bewegungsnerv der Zunge, ausserdem führt er aber auch noch vasomotorische Fäden. Werden beide Hypoglossi durchschnitten, so wird, wie schon lange bekannt ist, die Zunge aller eigenen willkührlichen Bewegung verlustig. Sie kann aber durch einige Muskeln in der Nähe ihrer Wurzel noch etwas zurückgezogen werden, wenn sie aus dem Munde heraushängt, ferner kann beim Schlucken ihre Wurzel noch in die Höhe gehoben werden. Vergleiche hierüber Tübinger Archiv 1851, pag. 579.

Thiere, denen beide Hypoglossi durchschnitten sind, können nur durch mühsame künstliche Fütterung am Leben erhalten werden.

Wichtig ist die genaue Kenntniss der Lähmungserscheinungen in Folge der Durchschneidung *eines* Hypoglossus. Es ist zwar eine Hälfte der Zunge vollkommen paralysirt, aber es ist merkwürdig, dass wenn die Zunge aus dem Munde hervorgestreckt wird, sie sich nicht nach der gesunden, sondern *nach der gelähmten Seite wendet.*

Dieser Umstand hat früher zu vielen Irrthümern Veranlassung gegeben. Man sah Kranke, die an Gesichtslähmung mit Beeinträchtigung der Zungenbewegung litten, die Zunge nach der gelähmten Seite wenden, so dass man nach der gewöhnlichen Erfahrung sich zu dem Schlusse berechtigt glaubte, es sei hier die andere Seite der Zunge, die der sonst gesunden Gesichtshälfte entspreche, der Sitz der Lähmung. Man hat darauf zum Theil die Hypothese gegründet, dass die motorischen Nerven der Zunge im Gegensatz zu allen anderen sich nicht in den Centraltheilen kreuzten. Auf diese Voraussetzung hin hat man nun wieder diagnostische Regeln zur Ermittelung des Sitzes einer motorische Lähmung bewirkenden Krankheit aufgestellt. Selbst einzelne Forscher, welche nach einer den peripherischeu Nervenstamm treffenden Paralyse die Zunge nach der gelähmten Seite hin ausweichen sahen, glaubten dies theilweise durch Complicationen bedingt, weil hier ausser dem Hypoglossus noch andere Nerven verletzt waren, bis es sich (Vergl. Tübinger Archiv 1851 am angef. Orte) klar und unzweideutig herausgestellt hatte, dass, wie *Hyrtl* schon früher angenommen, bei allen Säugethieren die einfache Durchschneidung eines Hypoglossus stets den viel besprochenen Effect bedinge, dass aber, was man früher übersehen, diese paradoxe Deviation nur dann eintrete, *wenn die Zunge aus dem Munde hervorgestreckt wird.* Ich habe in dem angeführten Aufsatze auch auf eine sehr seltene Anomalie hingewiesen, welche diesen Effect verhindern kann.

Wenn die Zunge nach Lähmung eines Hypoglossus ruhig im Munde liegt, so ist sie mit Ausschluss der äussersten Spitze nach der *gesunden* Seite hin deviirt. Die äusserste Spitze steht bei Hunden und Katzen gerade.

Wird die Zunge aber *zurück* gezogen, so deviirt sie ganz nach der *gesunden* Seite hin.

Ich habe nachgewiesen, dass alle diese Erscheinungen, welche ich auch noch seitdem stets bestätigt gefunden habe, nur durch das Uebergewicht zu erklären sind, welches der gesunde Musc. genioglossus erlangt. Jeder Genioglossus zieht nämlich den Spitztheil der Zunge nach vorn und nach der *entgegengesetzten Seite*, so dass nur aus dem Zusammenwirken beider die gerade Richtung hervorgeht.

Ich habe seitdem auch bei einem Menschen mit vollkommener einseitiger Hypoglossuslähmung Gelegenheit gehabt, die drei verschiedenen von mir bei Thieren aufgefundenen Deviationen der Zunge zu sehen.

Die Gefässnerven im Hypoglossus zeigen ein ganz eigenthümliches Verhalten. Hat man bei Hunden den Stamm durchschnitten, so sieht man nie — auch nicht nach längerer Zeit — eine Erweiterung irgend welcher Gefässe der Zunge. Trennt man aber jetzt auch noch den lingualis derselben Seite, so erweitern sich die kleinen und mittelgrossen Arterien auf der unteren Seite der vorderen zwei Dritttheile der entsprechenden Zungenhälfte. Durchschneidet man den lingualis allein, so zeigt sich dieser Befund nicht, tritt aber sogleich hervor, wenn man auch den Hypoglossus resecirt. Diese Erweiterung ist dauernd, sie verschwindet aber, wenn sich nur einer der beiden genannten Nerven, gleichviel welcher, regenerirt. Es ist hierüber meine Abhandlung im Tübing. Archiv 1853 pag. 377 zu vergleichen, wo auch angegeben ist, auf welche Weise ich mich vor den nach Durchschneidung des lingualis leicht möglichen Beobachtungsfehlern gewahrt habe. Einen mit meinen Angaben übereinstimmenden anatomischen Befund nach Injection der Zungengefässe vergleiche *Waller*, nouvelle methode anatom. Bonn, 1852 pag. 15.

Dieses sonderbare Verhältniss, welches sein Analogon in der Abhängigkeit der meisten Lungengefässe von *beiden* Vagis findet, so dass auch hier die Durchschneidung des *einen* wirkungslos bleibt, scheint damit zusammenzuhängen, dass die Gefässnerven der Zunge aus zahlreichen mikroskopischen Ganglien hervorgehen, welche, wie mir die anatomische Untersuchung nach Degeneration des einen dieser Zungennerven zeigte, sowohl Aeste vom Trigeminus wie vom Hypoglossus erhalten, wie dies (l. c.) weiter auseinandergesetzt ist.

Die Gefässe am hintersten Theil der Zunge scheinen nach dem Ergebniss von Injectionspräparaten von operirten Thieren auf dieselbe Weise von Hypoglossus und Glossopharyngeus zugleich abzuhängen.

Vielleicht hängt es mit der Gegenwart der vasomotorischen Fasern im Hypoglossus der zu den Versuchen benutzten Thiere zusammen, dass dieser Nerv hier an einem Theile seiner Wurzeln ein Ganglion trägt, das beim Menschen vermisst wurde.

Die oben pag. 177 beschriebenen Oscillationen gelähmter Muskeln sind in der Zunge nach Durchschneidung eines Hypoglossus am leichtesten und schönsten zu sehen.

Der Hypoglossus schickt bald nach seinem Austritt aus dem Hirn einen Faden zum obersten Cervicalknoten des Sympathicus. Derselbe hat nach *Budge* bei Kaninchen Einfluss auf die Bewegungen der Pupille und verbindet die Irisnerven mit dem von jenem Forscher angenommenen obern Ciliospinalcentrum. Ich habe bei *Katzen* den Hypoglossus mehrfach aus dem Schädel ausgerissen, ohne eine dauernde Veränderung der Pupille zu bemerken.

Es bliebe nun, um den vorstehenden Abriss der Nervenphysiologie zu vervollständigen, noch übrig, den Einfluss der nervösen Centraltheile und ihrer Ausläufer auf die einzelnen Vorgänge des vegetativen Lebens zu schildern. Dies kann füglich nicht getrennt von der detaillirten Darstellung jener Vorgänge selbst geschehen.

